

Maria Luiza Soares Fernandez

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE UM VIADUTO

Trabalho de conclusão de curso
submetido ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina como parte
dos requisitos para a obtenção do
Título de Engenheira Civil.

Orientadora: Prof. Dr. Fernanda
Fernandes Marchiori,

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor
Maiores informações em:
<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

MARIA LUIZA SOARES FERNANDEZ

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DE UM VIADUTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheira Civil, e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal De Santa Catarina.

Florianópolis, 25 de novembro de 2015.

Prof. Dr. Luiz Alberto Gomez
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Profa. Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.
Orientadora

Profa Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Rubia Bernadete Pereira, MSc.
Unidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus
queridos pais

AGRADECIMENTOS

A meus pais, Olga e Francisco, pelo apoio incondicional e força quando eu decidi mudar de curso de graduação pela terceira vez, nunca perdendo a fé que eu conseguiria ter um título de ensino superior.

Ao meu irmão, Pablo, engenheiro civil formado no mesmo lugar que eu estudei e que foi minha inspiração para mudar de curso e é meu exemplo na vida sobre como agir profissionalmente e também na vida pessoal.

À professora Fernanda Fernandes Marchiori, pela orientação nesse trabalho de conclusão de curso e que é um exemplo para mim de como ser uma ótima professora e pessoa. Obrigada por me ouvir e sempre tirar minhas dúvidas.

Ao professor Lauro Cesar Nicolazzi, pela ajuda e conselhos passados quando eu fazia a transição para Engenharia Civil.

Aos professores Erivaldo e Baiano, os melhores professores de matemática que alguém poderia ter e que me fizeram criar amor pelas exatas e embarcar no mundo da engenharia.

A todos meus colegas de curso que me ajudaram durante a graduação. Obrigada por sempre me auxiliarem ao longo dessa jornada que foi a graduação, sem vocês tudo seria muito mais difícil.

O sucesso é uma consequência e não um objetivo.

(Gustave Flaubert, s.d.)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a obtenção dos indicadores de produtividade RUP (Razão Unitária de Produção) da mão de obra no serviço de concretagem de lajes, transversinas e longarinas, além da concretagem das escamas e também da compactação da terra armada, serviços estes presentes na construção de uma obra de um viaduto na cidade de Florianópolis. O método de pesquisa utilizado para tanto foi o estudo de caso, contendo as seguintes etapas: busca por obra, revisão bibliográfica para entendimento dos serviços in loco, elaboração da planilha para coleta de dados. Se a planilha não atendesse os requisitos, prosseguia-se para o passo anterior. Caso atendesse, era dado o início do uso da planilha no levantamento de dados que teve duração de 11 dias para confecção de placas, 11 dias para compactação na terra armada e 6 dias de concretagem de lajes, longarinas e transversinas. A partir da coleta de dados fez-se a análise de dados, gerando RUP e entendimento dos fatores influenciadores. Os resultados obtidos para as RUP's no serviço de confecção de placas variou de 1,92 até 9,41 Hh/m³. Já a concretagem das lajes, transversinas e longarinas teve como resultado valores variando de 0,33 a 1,34Hh/m³. E a compactação da terra armada, por sua vez, obteve valores variando de 0,09 até 0,73 Hh/m³. A partir da análise de tais indicadores e seus fatores influenciadores, é possível gerar alertas para as empresas construtoras no sentido de mitigarem os fatores que levam à piores produtividades. Um outro benefício do acompanhamento diário da produtividade é possibilitar que sejam feitos prognósticos para curto prazo a fim de conseguir atender à duração prevista para o projeto.

Palavras-chave: Produtividade, fatores influenciadores, viaduto.

ABSTRACT

This work has as objective the obtainment of the key performance indicators RUP (production unitary ratio) of manpower on the concrete works on slabs, crossbeams and stringer-beams, besides the concrete pouring on flakes and also the compacting of reinforced soil, in which services are presented on the construction of an overpass in the city of Florianopolis. The research method utilized on this work was the study of case, in which is composed by the following steps: research for the construction works, bibliographic review for the understating of the services, spreadsheet elaboration for collecting data. If the spreadsheet didn't met the requirements, it would follow to the next step. If it would meet, it would start the use of the spreadsheet on the data collecting, which lasted eleven days during the concrete pouring of the slabs, crossbeams and stringerbeams. From the data collecting, the data analyses was made, generating the RUP and the understanding of the influencing factors. All the obtained results for the RUPs on the flakes making service varied from 1.92 until 9.41 Hh/m³. On the other hand, the slab crossbeams and stringer beams concrete pouring had as result values of RUP varying from 0.33 to 1.34 Hh/m³. And the reinforced soil compaction obtained values between 0.09 until 0.73 Hh/m³. From the performance indicators analysis and its influencing factors, it is possible to generate warnings for the construction companies mitigate the factors that lead to worse productivities. Another benefit of the daily productivity tracking is to allow to make forecasts on the show term in order to achieve the foreseen duration for the project.

Keywords: Productivity, influencers factors, viaduct.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem de estradas pavimentadas e não pavimentadas no Brasil	13
Figura 2 - Seção e vista dos pilares.....	21
Figura 3 - Elementos constituintes da seção transversal	23
Figura 4 - Exemplo de ponte e viaduto	24
Figura 5 - Elementos constituintes da seção transversal	25
Figura 6 - Detalhes da barreira de concreto conhecida por "New Jersey"	26
Figura 7 - Juntaelastomérica de compressão.....	28
Figura 8 - Exemplo de sistema de drenagem pluvial no viaduto	29
Figura 9 - Vista das placas da terra armada	32
Figura 10 - Vista geral da terra armada com o aterro, as fitas metálicas e as placas	33
Figura 11 - Detalhes de uma terra armada.	35
Figura 12- Uso de mangote para colocar concreto no local de aplicação.....	38
Figura 13 - Esquema sobre produtividade	40
Figura 14 - Vista lateral do viaduto.	45
Figura 15 - Oscilação do número de operários na concretagem de transversinas e longarinas no vão cachoeira.....	56
Figura 16 - Oscilação do número de operários na concretagem de transversinas e longarinas no vão centro	56
Figura 17 - Operador do rolo compactador fazendo a compactação na terra armada	59
Figura 18 - Escavadeira na Terra Armada	60
Figura 19 - Operários concretando as placas pré moldadas no canteiro	62
Figura 20 - Escamas cruciformes já concretadas	63
Figura 21 - Disposição das escamas empilhadas	64
Figura 22 - Fôrmas das placas já concretadas esperando a cura do concreto.....	64
Figura 23 - Concretagem com uma única frente, usando apenas um mangote usado no dia 13/07	65
Figura 24 - Concretagem com duas frentes, usando dois mangotes usados no dia 13/07.....	65
Figura 25 - Gráfico dos índices de produtividade para concretagem de lajes, transversinas e longarinas.	67
Figura 26 - Frequência dos fatores influenciadores	72
Figura 27 - Gráfico dos índices de produtividade de concretagem das placas	74
Figura 28 - Gráfico com a frequência dos fatores influenciadores.	75
Figura 29 - Gráfico dos índices de produtividade para compactação na terra armada	78
Figura 30 - Vista de acúmulo de água na terra armada no vão Cachoeira	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Condicionantes e implicações para compactação	34
Tabela 2 - Fatores que afetam os níveis de produtividade	40
Tabela 3- Tabela coleta HomemHora e Quantidade de Serviço para Concretagem de Longarinas, Lajes e Transversinas	50
Tabela 4 - Tabela coleta Homen Hora e Quantidade de Serviço para Produção de Placas	51
Tabela 5 - Cronograma das atividades acompanhadas.....	53
Tabela 6 - Lista de equipamentos	57
Tabela 7 - Fatores influenciadores para concretagem de longarinas, transversinas e lajes.	71
Tabela 8 - Fatores influenciadores para concretagem de escamas.	77

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Delimitação.....	15
1.4 Estrutura do Trabalho	15
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Obras de artes especiais	17
2.1.1 Viadutos.....	17
2.1.2 Elementos Estruturais	18
2.2 Etapas executivas abordadas no presente trabalho.....	31
2.2.1 Maciço da Terra Armada	31
2.2.2 Concretagem das lajes, transversinas e longarinas.....	36
2.3 Produtividade.....	40
2.3.1 Importância de se entender a produtividade.....	42
2.3.2 Indicador de Produtividade: Razão Unitária de Produção (RUP)	43
3.MÉTODO DE PESQUISA.....	45
3.1.Descrição da obra foco de estudo	45
3.1.1 Caracterização da empresa.....	45
3.1.2 Caracterização da mão de obra	46
3.1.3 Levantamento de fatores influenciadores de produtividade na mão de obra	46
3.2 Passos Metodológicos.....	47
3.2.1 Revisão Bibliográfica	49
3.2.2 Busca por uma obra	49
3.2.3 Entendimento dos serviços in loco.....	49
3.2.4 Desenvolvimento da planilha piloto para coleta de dados	49

3.2.5 Desenvolvimento da planilha para coleta de dados	49
3.2.6 Coleta de dados.....	51
3.2.7 Geração da RUP	54
3.2.8 Busca por fatores influenciadores	54
3.2.9 Diretrizes de como melhorar a produtividade na execução de viadutos ...	54
4.APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	55
4.1 Caracterização da mão de obra	55
4.1.1 Compactação na Terra Armada	55
4.1.2 Produção de Placas	55
4.1.3 Concretagem de lajes, transversinas e longarinas	55
4.2 Caracterização dos equipamentos	57
4.3. Caracterização dos serviços	58
4.3.1 Compactação na Terra Armada	58
4.3.2 Produção de Placas	61
4.3.3 Concretagem de lajes, transversinas e longarinas	64
4.4 Levantamento da Produtividade	66
4.4.1 Concretagem de lajes, transversinas e longarinas	67
4.4.2 Produção de Placas	74
4.4.3 Compactação na Terra Armada	78
4.5 Sugestões para Melhoria da Produtividade	82
5.CONCLUSÕES E SUGESTÕES	84
5.1 Conclusões.....	84
5.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	85
6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	86

1. INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Os viadutos em rodovias federais, estaduais e municipais no Brasil, um tipo de obra que entra na categoria das Obras de Arte Especiais, compõem um acervo público de valor inestimável, pela importância que representam para o desenvolvimento econômico e social da Nação.

De acordo com o Portal Brasil, plataforma do governo na internet, em 2015 houve uma previsão de investimento em rodovias de 66,1 bilhões de reais. Para 2016, o governo pretende leiloar 11 projetos que somam 4867 quilômetros de estradas. O investimento previsto é de 31,2 bilhões de reais. De acordo com o site Portal Brasil, o ministro da Fazenda, Joaquim Levy, já chegou a afirmar que “infraestrutura no Brasil é um ganha-ganha. Tem impacto na economia favorável, aumenta nosso PIB potencial, é ótimo para gente”

No Brasil 80% das estradas não contam com pavimentação, como pode-se constatar na Figura 1. Isso acarreta um problema que transcende a questão da pavimentação e acaba gerando reflexos na própria economia do país, sendo os fretes com custo elevado sendo apenas a ponta do iceberg.

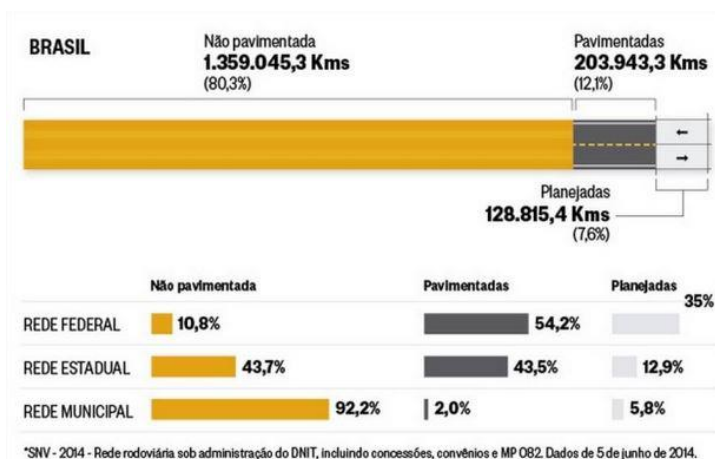


Figura 1 - Porcentagem de estradas pavimentadas e não pavimentadas no Brasil

Fonte: Sistema Nacional de Viação(SNV), Instituto Ilos, Confederação Nacional de Transportes, Conab e Emprabel.

Com um mercado cada vez mais competitivo é essencial que as empresas aperfeiçoem seus métodos e sistemas de produção como forma de se sobressair perante a grande concorrência, acrescido do fato de que a maioria das obras de infraestrutura executadas com recursos do Governo Federal são efetivadas a partir de licitações, em que ganha o menor preço.

Assim, as empresas têm cada vez mais a consciência que uma melhoria de produtividade reflete em crescimento econômico, pois uma maior produtividade leva a um melhor aproveitamento de recursos na produção de bens ou serviços necessários para a execução de um empreendimento. Segundo Maggi, Santos e Barbosa(2008), a partir do momento que se tem informações sobre produtividade pode-se fazer uma previsão do consumo de mão de obra, previsão de duração de serviço, avaliação e comparação de resultados e também fazer um desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos construtivos.

A medição da produtividade oferece a informação do desempenho da mão de obra, fazendo com que se tenha um maior controle sobre a obra e uma possibilidade de melhoria nos aspectos que não demonstram obter o rendimento máximo. Só é possível melhorar uma tarefa quando há algum tipo de avaliação sobre a mesma, o que torna a medição da produtividade um instrumento indispensável para essa finalidade.

Muitos trabalhos de produtividade foram feitos em nível nacional para avaliar a produtividade em edificações nos mais diversos serviços, contudo, poucos estudos têm sido publicados sobre a avaliação de produtividade em obras de infra-estrutura. Diante desta realidade, faz-se necessário um maior entendimento dos serviços ligados a infra-estrutura afim de subsidiar melhores orçamentos e programações para esse tipo de obra.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a produtividade da mão de obra nos serviços de concretagem do viaduto, compactação da terra armada e concretagem na produção de escamas em uma obra de arte especial.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os serviços analisados.
- Verificar a produtividade da mão de obra de cada serviço analisado,
- Propor alternativas para melhorar os índices de produtividade.

1.3 Delimitação

Este trabalho baseia-se na observação de campo, registro fotográfico e medições em uma obra de arte especial localizada no município de Florianópolis/SC. O levantamento se delimitou em apenas analisar a concretagem das lajes, transversinas, longarinas e escamas assim como a compactação na terra armada. Não foram observadas as etapas de cimbramento, armação, colocação de fitas metálicas e escamas e nem as obras de drenagem realizadas no local.

O apontamento realizado pela autora na terra armada teve como complemento o apontamento do próprio executor da obra.

O estudo em questão apresenta apenas indicadores de produtividade da mão de obra, restringindo-se ao cálculo da Razão Unitária de Produção(RUP) diária, RUP cumulativa e RUP potencial.

Um ponto importante a se ressaltar é que o uso de outros equipamentos, além dos citados no estudo de caso, poderia levar a produtividades diferentes.

Outro ponto a se ressaltar é que nesse estudo não se considerou consumo de materiais e suas perdas.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho apresenta a seguinte estrutura:

No primeiro capítulo é mostrada a introdução e a justificativa de escolha do tema, procedida do objetivo geral e específicos; em seguida, tem-se as limitações do trabalho e a estrutura do mesmo.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, que compreende conceitos de autores sobre a execução de um viaduto, além de produtividade, os fatores que a influenciam e o conceito de serviços de terra armada e concretagem, apresentando seus métodos construtivos.

No terceiro capítulo, inicialmente se descreve a obra, fazendo a caracterização da mesma, da mão de obra, do serviço analisado e da metodologia utilizada para coletar os dados.

No quarto capítulo é mostrada a análise dos dados e resultados cuja origem é o levantamento feito em campo.

No quinto capítulo há as considerações finais do trabalho, com as reflexões acerca da produtividade e também sugestões de melhorias para os próximos estudos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será mostrado uma revisão a respeito dos principais temas a serem tratados neste trabalho, quais sejam: viaduto, produtividade e serviços de terra armada e concretagem.

2.1 Obras de arte especiais

Segundo França (2011), o uso do termo “obras de artes” existe desde o prelúdio da construção de estruturas para a transposição de obstáculos à continuidade de uma via. A origem do nome remonta ao fato das construções antigamente serem feitas com base no empirismo e criatividade de seus idealizadores, o que as levava à condições de trabalhos de arte.

Ainda conforme França (2011), a partir do século XVII a engenharia foi evoluindo e aos poucos o empirismo foi sendo substituído gradualmente pelos métodos científicos. Contudo, esta expressão se mantém até nos dias atuais, sendo subdividida em “obras de artes correntes” e “obras de artes especiais”.

O primeiro compreende estruturas que possuem projeto padrão tais como pontes com vão de até 25 metros, pontilhões com vão de até 12 metros, drenos superficiais ou profundos, bueiros com vão ou diâmetro até 5 metros, passagens inferiores e superiores com vão até 25 metros, etc. O segundo é composto por obras de pontes, viadutos, aquedutos, passarelas, etc., em que há um projeto específico para cada caso. (FRANÇA, 2011)

No presente trabalho o foco será a execução da obra de arte especial do tipo viaduto.

2.1.1 Viadutos

Segundo Cunha (2011), viadutos estão dentro da classificação de obras de artes especiais, assim como as pontes, que diferem entre si pelo elemento natural a ser vencido. Enquanto as pontes são estruturas que transpõem obstáculos hídricos, os viadutos, por sua vez, são estruturas que vencem obstáculos representados por outras vias ou vales.

Ainda conforme Cunha (2011), as obras de arte especiais do tipo ponte e viaduto classificam-se quanto ao sistema estrutural em: pontes/viadutos em laje, pontes/viadutos em viga, pontes/viadutos em arco, pontes/viadutos em pórtico e pontes/viadutos suspensos (tipo

estaiadas e pênseis), divergindo-se na conquista de vãos, nos materiais componentes, na estética, na consideração dos carregamentos entre outros.

2.1.2 Elementos Estruturais

2.1.2.1 Superestrutura

Segundo Sartorti (2008) e Vitório (2002), a superestrutura corresponde à parte do viaduto cuja função é resistir diretamente às cargas devidas ao tráfego dos veículos. Já conforme Stucchi(2009) a superestrutura tem como finalidade a transmissão horizontal e vertical dos carregamentos para a mesoestrutura, a qual é composta por vigamentos longitudinais e transversais e pela laje.

As vigas longitudinais são estruturas principais denominadas de longarinas cuja finalidade é receber o carregamento proveniente da laje enquanto as vigas transversais são estruturas secundárias denominadas de transversinas que são usadas como contraventamento para as vigas longarinas (SARTORI, 2008)

Segundo Pinho(2007) e Bellei(2007), há uma série de concepções estruturais usadas como superestrutura no projeto de uma ponte ou viaduto, entre as quais podem ser vigas de alma cheia, treliça, vigas emcaixão, pórticos, arcos, vigas mistas e suspensas por cabos (estaiadas e pênseis).

a)Vigas de alma cheia

Ainda conforme Pinho (2007) e Bellei (2007), desde o surgimento dos perfis laminados de 1000mm e com a difusão dos perfis soldados até a altura almejada é praticável a construção de tabuleiro simples, diferente do passado que era necessária a composição com rebites.

A principal vantagem na escolha dessa solução é que a simplicidade da sua geometria acaba levando a custos baixos de fabricação, além de custos baixos de manutenção (embora não sejam tão baixos quanto em uma estrutura caixão).

b)Trelças

Segundo Gomes (2006), nestes viadutos o tabuleiro com a pista de rolamento pode estar na parte superior ou inferior da treliça. Costumam ser de aço ou de madeira, tendo a característica de ser uma estrutura leve e de rápida execução. Contudo, tem a possibilidade de se tornar estruturas complexas e de grande porte mesmo sendo leves.

Dessa forma, de acordo com Gomes (2006), uma treliça de viaduto tem duas vantagens estruturais principais: as solicitações dos elementos são forças axiais e o sistema de alma aberta permite o uso de uma altura total maior que no caso de uma viga de alma cheia equivalente. Isso acarreta em uma economia em material e redução da carga permanente. A altura aumentada leva a deformações reduzidas, ou seja a uma estrutura mais rígida. Essas vantagens são atingidas por meio de maiores despesas de fabricação e manutenção.

c)Vigas em caixão

De acordo com Pinho (2007) e Bellei (2007), as vigas em caixão são vigas formadas por duas ou mais almas e por uma mesa inferior, única, e uma ou mais mesa superior, resultando na sua configuração de caixão. As seções transversais em caixão são altamente eficientes para estruturas em curva, devido a sua grande resistência a torção e nas pontes com grandes vãos para evitar problemas de instabilidade aerodinâmica. Assim, além dos elementos longitudinais uma viga caixão tem também um sistema de transversinas.

d)Pórticos

Segundo Pinho (2007) e Bellei (2007), o sistema de pórticos é aquele em que as vigas do tabuleiro são contínuas com a estrutura dos pilares. Esta solução é escolhida por diminuir os vãos de viga reta. Também é uma solução indicada para terrenos de bom suporte de carga além de ser esteticamente muito agradável e é bem utilizada quando a topografia é propícia, como nos casos de vales.

e)Arcos

Conforme Pinho (2007) e Bellei (2007), uma das soluções de superestrutura para viadutos mais antigas, sendo utilizadas inclusive pelos romanos há aproximadamente 2100 anos atrás, são os arcos. Eles são usados de 3 formas:

- Arco inferior com tabuleiro superior, sendo uma boa solução para vales.
- Arco superior com tabuleiro inferior, sendo uma boa solução para quando existe restrições do gabarito na parte inferior.
- Arco com tabuleiro intermediário, o qual é uma boa solução para as duas situações citadas anteriormente.

f) Suspensas por cabos (estaiadas e pênséis)

De acordo com Gomes (2006), nesse tipo de solução o tabuleiro contínuo é sustentado por vários cabos atirantados ligados a dois cabos maiores que, por sua vez, ligam-se as torres de sustentação. Conforme Manson (1977, apud Gomes, 2006), os cabos comprimem a torre de sustentação que transfere o esforço de compressão para as fundações.

Segundo Morrissey (1998, apud GOMES, 2006), a diferença entre estaiadas e pênséis se encontra principalmente em como os cabos são conectados a torre. Nas pontes pênséis os cabos passam livremente através das torres e nas pontes estaiadas os cabos são ancorados na torre. Com relação as soluções adotadas usando pênséis, as pontes estaiadas possuem pendurais mais rígidos, menor rigidez a flexão das vigas, maior eficiência com relação a carga móvel, não apresentam instabilidade aerodinâmica e apresentam menores valores de flechas, além do seu tabuleiro poder ser de concreto armado ou protendido.

Segundo Pinho (2007) e Bellei (2007), todos os tipos de superestrutura citados anteriormente podem utilizar os seguintes tabuleiros:

- Os inteiramente em aço, formando uma placa enrijecida de aço. São poucos econômicos para vãos pequenos e médios em virtude do excessivo gasto em aço. Em contrapartida, para longos vãos acaba sendo vantajoso devido ao pequeno peso do tabuleiro.
- Os tabuleiros em concreto substituíram com vantagem os metálicos para pequenos e médios vãos, funcionando solidariamente as vigas metálicas.

A disposição da longarina e transversinas que vão dar suporte ao tabuleiro podem ser retangulares, esconsas ou curvas.

2.1.2.2 Mesoestrutura

A mesoestrutura é composta pelos pilares e pelos encontros. Tem a função de transmitir verticalmente o carregamento proveniente da superestrutura para infra-estrutura. Segundo Muller(2004), os pilares são elementos de suporte situados na região intermediária que recebem, além das cargas provenientes da laje e das vigas, outras forças solicitantes como pressões de vento, pressões de água, ações horizontais de variações térmicas e outros, não atuando como elementos de contenção de solo.

Conforme Mattos (2001), os encontros são estruturas situadas nas extremidades das pontes/viadutos cuja finalidade é absorver os empuxos dos aterros de acesso evitando a transmissão aos demais elementos, servindo também como apoio para os extremos dos elementos da superestrutura.

A mesoestrutura dos viadutos tem como função transmitir as cargas da superestrutura para a infra-estrutura, sendo constituída pelos pilares, travessas, aparelhos de apoio e encontros.

a) Pilares

Segundo Vittório (2002), os pilares são elementos de suporte vertical situados na região intermediária do viaduto e dispostos em cada linha de apoio transversal ao tabuleiro. A quantidade, forma e dimensões dependem de diversos fatores, tais como a largura da superestrutura, o tipo de fundação e a altura da obra, além da análise do tipo de solo, carregamento atuante entre outros fatores.

Conforme Stucchi(2006), os pilares de concreto armado são os mais comuns porém também podem ser metálicos, apresentando seções maciças ou paredes finas, com dimensões constantes ou variáveis como ilustrado a seguir.



Fonte: Stucchi(2006)

b) Aparelhos de Apoio

Conforme Vittório (2002), os aparelhos de apoio são elementos com função estrutural que realizam a transição entre a superestrutura e a mesoestrutura. Sua função é transmitir as cargas do tabuleiro para os pilares ou encontros, absorvendo os esforços verticais, horizontais e de rotação.

Vittório (2002) afirma também que os aparelhos de apoio são classificados em aparelhos de articulação fixa, móvel e elastomérica.

O aparelho de apoio de articulação móvel permite movimentação de rotação e translação horizontal.

Já o aparelho de apoio de articulação elastomérica são aparelhos elásticos de borracha fretada que permitem pequenos movimentos horizontais e rotações. A borracha mais usada para viadutos é o elastômero policloroprene, mais conhecido como “neoprene”. Devido a elasticidade, elevada resistência e grande durabilidade, as articulações elastoméricas são as melhores soluções para projeto. O ponto negativo se encontra na sua durabilidade, que é bastante reduzida, sendo necessária a sua troca de forma periódica.

Quando corretamente dimensionados e devidamente posicionados na estrutura, os aparelhos de apoio elastoméricos apresentam vida útil de comparável a da própria estrutura, o que possibilita que se atinja uma garantia mínima de 20 anos.

Por ter essa questão de substituição, está estabelecido no DNER (1996) que é necessário a previsão de nichos, rebaixos ou outros dispositivos onde possam ser colocados macacos capazes de aliviar os aparelhos existentes e assim se permitir a substituição.

c) Encontros

Conforme Vittório (2002), os encontros são elementos localizados nas extremidades de alguns tipos de viadutos, tendo a função de absorver os esforços verticais extremos da superestrutura e realizar a contenção e estabilização dos aterros de acesso.

De acordo com Vittório (2002), é utilizada a técnica construtiva “Terra Armada”, para a execução de encontros, especialmente em obras urbanas de viaduto. Os muros em terra armada são estruturas de contenção flexíveis que associam aterro selecionado e compactado, elementos lineares de reforço que serão submetidos a tração e elementos modulares pré-fabricados de revestimento.

O princípio da tecnologia é a interação entre o aterro selecionado e os reforços (armaduras de alta aderência) que, corretamente dimensionados, produzem um maciço integral no qual as armaduras resistem aos esforços internos de tração desenvolvidos no seu interior.

O processo de contenção da terra armada segue o seguinte ciclo: colocação das escamas, fixação das fitas metálicas e, por fim, espalhamento e compactação das camadas de aterro selecionado sobre as fitas.

2.1.2.3 Infra estrutura

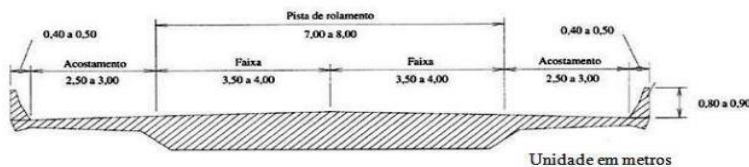
Já a infra estrutura é composta pelos elementos de fundação, cuja função é transmitir ao solo ou rocha os esforços recebidos pela mesoestrutura.

Os elementos da superestrutura de um viaduto acabam sendo divididos nos seguintes elementos:

- a) Faixas de tráfego
- b) Seções transversal e longitudinal
- c) Lajes e Vigas do Tabuleiro
- d) Dispositivos de Proteção
- e) Dispositivos de Contenção
- f) Dispositivos de Transição
- g) Juntas de Dilatação
- h) Sistema de Drenagem
- i) Faixas de Tráfego

Segundo o Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER,1996), a faixa de tráfego das obras de arte especiais contém os seguintes elementos abaixo, estando suas definições segundo Debs e Takeya (2003). A figura 3 ilustra os elementos componentes das faixas de tráfego. A sua constituição é de Pista de Rolamento e Acostamento.

Figura 3 - Elementos constituintes da seção transversal



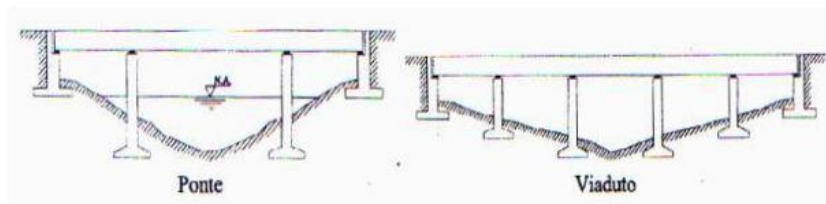
Fonte: El Debs e Takeya(2003)

A pista de rolamento é a largura disponível para o tráfego normal de pedestres ou de veículos, a qual pode ter subdivisão em faixas de aceleração e desaceleração, faixa para pedestre e faixa para ciclista. Já o acostamento é a largura adicional dada à pista de rolamento utilizada quando se há alguma emergência com os veículos.

a) Seção transversal e longitudinal

De acordo com o Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais (DNER-1996), a seção transversal dos viadutos apresentam os mesmos elementos que em pontes, estando suas definições tais quais apresentadas por Debs e Takeya(2003). A figura a seguir mostra os componentes da seção transversal.

Figura 4 - Exemplo de ponte e viaduto



Fonte: El Debs e Takeya (2003)

Há a defesa, que é o elemento de proteção aos veículos e que se localiza paralelamente ao acostamento. Elas são previstas em locais potencialmente perigosos, tais como, nos acessos às rodovias, acompanhando o acostamento, nos aterros altos ou de meia encosta em curva ou tangente as curvas perigosas.

Há também a longarina, que é um elemento estrutural longitudinal destinado a transferir ações externas. Assim como a viga secundária, que é um elemento transversal as longarinas destinado a evitar efeitos secundários das vigas principais e redistribuir esforços.

E por último, o tabuleiro, que é um elemento de placa destinado a receber a ação direta dos veículos.

b) Lajes e vigas do tabuleiro

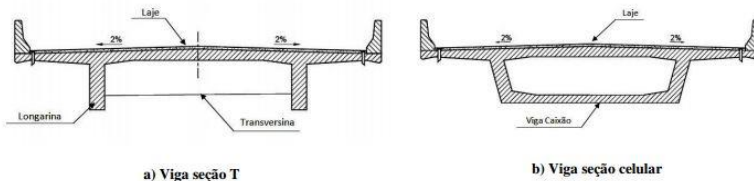
De acordo com Vittório (2002), as lajes suportam diretamente as pistas de rolamento. Podem ser executadas em concreto armado ou

protendido. Pode-se ainda utilizar o sistema constituído de lajotas pré-moldadas que se apoiam sobre as vigas principais, geralmente vigas pré-moldadas e funcionam como fôrma, sem necessidade de escoramento para as lajes concretadas in loco.

Também conforme Vittório (2002), o vigamento do tabuleiro é, em geral, constituído pelas vigas longitudinais (conhecidas como longarinas) e pelas vigas transversais (conhecidas como transversinas). As vigas principais suportam as cargas atuantes sobre a superestrutura, transferindo-as para os pilares ou encontros. As transversinas podem ser ligadas ou separadas da laje e tem a função de contraventamento, além de colaborar na distribuição das cargas do tabuleiro para o vigamento principal.

Conforme Sartorti (2008), as seções transversais mais comuns para as vigas são do tipo seção T ou I, seção celular ou treliçada. A figura 5 a seguir ilustra as seções T e a celular de vigas utilizadas em obras de arte especiais.

Figura 5 - Elementos constituintes da seção transversal



Fonte: El Debs e Takeya(2003)

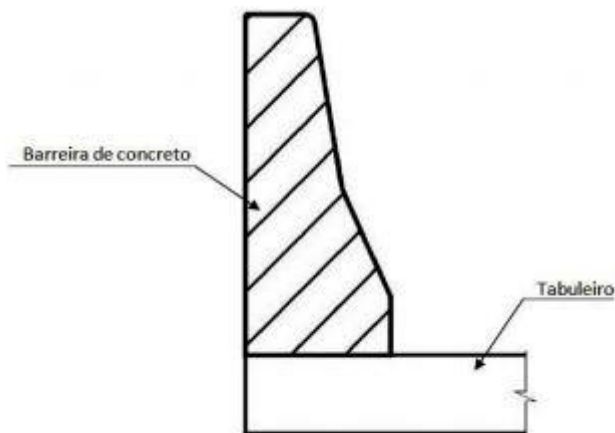
c) Dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção para viadutos correspondem as barreiras rígidas de concreto e aos guarda-corpos. São elementos que apresentam importância fundamental na aparência estética das obras de arte especiais, tendo suas dimensões padronizadas.

Segundo o Manual de Projeto das Obras de Arte Especiais (DNER-1996), as barreiras de proteção são dispositivos rígidos de concreto armado, moldados in loco ou pré-moldados, para a proteção lateral de veículos, fazendo com que eles não consigam sair da pista de rolamento. Devem ter altura, resistência e perfil interno adequados para impedir a queda de um veículo desgovernado, absorver o choque e propiciar sua recondução à faixa de tráfego. O DNER (1996) padronizou

o tipo New Jersey como barreira de proteção. A figura a seguir mostra o esquema básico de uma barreira New Jersey especificada pelo DNER.

Figura 6 - Detalhes da barreira de concreto conhecida por "New Jersey"



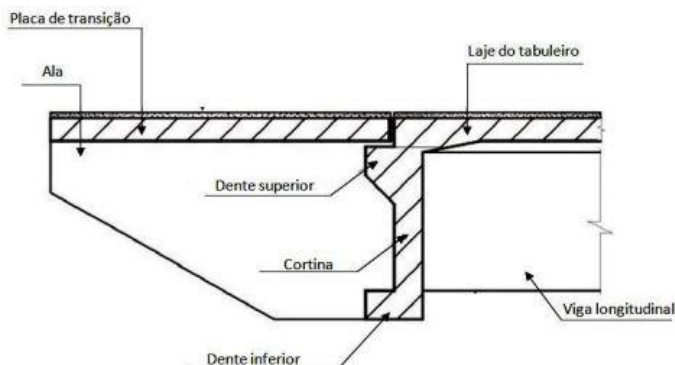
Fonte: DNER (1996)

d) Dispositivos de Contenção

Conforme Vittório (2002), os dispositivos de contenção das obras de arte especiais são elementos localizados nos extremos da superestrutura, na parte inferior da mesma, para contenção lateral dos aterros de acesso. Compreendem as cortinas e as alas.

Segundo o DNER (1996), as cortinas são transversinas extremas dotadas, no lado externo, de dois dentes, superior e inferior, ao longo do comprimento. O dente superior é obrigatório e suporta a laje de transição enquanto o dente inferior é aconselhável e melhora a contenção do aterro, como ilustrado na figura a seguir.

Figura 7 - Detalhes da cortina



Fonte: DNER (1996)

Ainda de acordo com o DNER (1996), as alas são estruturas laminares, solidárias às cortinas e com geometria adequada para a contenção lateral dos aterros de acesso. Devem ser capazes de absorver, além do empuxo de terra e da sobrecarga, a eventual batida do veículo na barreira de concreto que se prolongue para a rodovia passando pela laje de transição.

e) Dispositivo de Transição

A transição entre rodovia e o viaduto é um ponto crítico para a manutenção do tráfego fluente e confortável. Segundo o DNER(1996) os fatores que levam a uma transição deficiente entre a obra de arte e a rodovia podem ser: problemas na execução, deficiência de projeto, falta de manutenção, aterros mal compactados ou em processo de adensamento, drenagem insuficiente ou mal executada, entre outros.

Os elementos responsáveis por fazer essa transição entre rodovia e viaduto são as lajes ou placas de transição. São lajes de concreto armado, apoiadas de um lado numa extremidade do viaduto (no dente superior da cortina) e do outro no terrapleno.

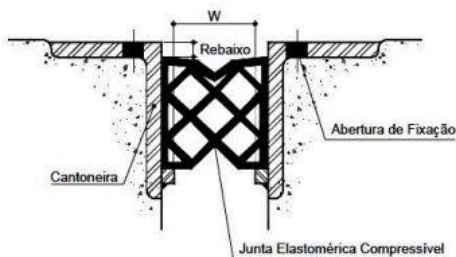
Para obras de arte especiais que possuem apoio extremo, a transição se faz através de encontros, cortinas, alas e lajes de transição. Para obras de arte especiais com extremos em balanço, a transição se faz através de cortinas, alas e lajes de transição. Dessa forma conclui-se que o encontro é um tipo de apoio extremo.

f) Juntas de Dilatação

Segundo Vittório (2002), as juntas de dilatação correspondem a interrupções estruturais no tabuleiro para permitir movimentações provocadas pela variação de temperatura, retração e fluência do concreto.

De acordo com o DNER (1996), as juntas de dilatação são divididas em 2 grupos: juntas de vedação e juntas estruturais. As juntas de vedação são dispositivos elásticos e expansíveis de fraca resistência mecânica, colocadas por compressão ou por pressurização do núcleo, utilizadas para previsões de movimentação de até 3 centímetros. Já as juntas estruturais são juntas expansíveis com alta resistência mecânica, permitindo grandes movimentações da estrutura. A figura 8 a seguir mostra um exemplo de junta de vedação.

Figura 7 - Junta elastomérica de compressão



Fonte: DNIT (2004)

Como já citado anteriormente, no caso do viaduto estudado há junta de dilatação situada no apoio do quinto pilar.

De acordo com o DNER (1996), as juntas de dilatação são instrumentos com vida útil reduzida e de substituição difícil, de modo que devem ser evitadas e só utilizadas no necessário. Os problemas apresentados com o uso desses elementos são: quebra da continuidade da pavimentação, criação de cantos vivos que se deterioram com o tráfego, possibilidade de infiltração de águas pluviais e danificação dos aparelhos de apoios e topo dos pilares.

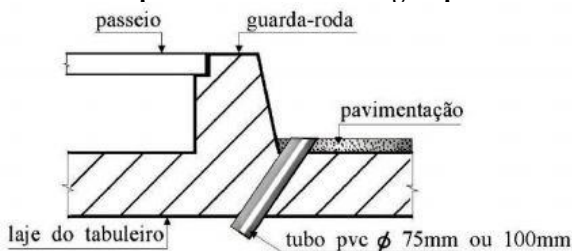
j) Sistemas de Drenagem

Conforme Vittório(2002), o escoamento das águas pluviais nas estruturas de obras de artes especiais é diretamente responsável com o

desenvolvimento de patologias, em virtude de um sistema de drenagem eficiente garantir um bom desempenho com maior vida útil da obra.

Vittório(2002) também cita que o sistema de escoamento de águas pluviais é realizado com drenos de material PVC com diâmetro mínimo de 100mm espaçados longitudinalmente ao longo das bordas da pista de rolamento. A figura a seguir é um exemplo para ilustrar como funciona um sistema de drenagem pluvial.

Figura 8 - Exemplo de sistema de drenagem pluvial no viaduto



Fonte: Vittório (2002)

No caso do viaduto estudado o que se utilizou foi tubos de PVC com diâmetro de 100mm junto à barreira New Jersey.

2.1.2.3.1.Elementos da Infra-Estrutura

Os elementos componentes da infra-estrutura das obras de arte especiais são as fundações superficiais, diretas e profundas. Possuem a função de transmitir para o solo ou rocha os esforços provenientes da mesoestrutura.

De acordo com o DNER(1996), a escolha do tipo de fundação é resultante da carga atuante nos pilares e do resultado das prospecções efetuadas no terreno, baseando-se em alguns fatores como:

- As cargas da superestrutura devem ser transmitidas as camadas do subsolo capazes de suportá-las com segurança;
- As deformações das camadas subjacentes à fundação devem ser coerentes com as permitidas pela superestrutura.

- A implementação da fundação não deve causar danos às estruturas vizinhas nem comprometer a estabilidade das encostas ou dos maciços em que as mesmas se apoiem.

a) Fundações Superficiais ou Profundas

Segundo Vittório (2002), as fundações superficiais são utilizadas quando o solo resistente é encontrado a pequenas profundidades. Há a possibilidade de ser blocos de fundações ou sapatas isoladas ou corridas.

Ainda de acordo com Vittório (2002), os blocos de fundação são elementos de grande altura sem armação na face inferior. Podem ser executadas em alvenaria de pedra ou concreto simples. As sapatas são executadas em concreto armado e podem ser isoladas, quando recebem carregamentos concentrados em pilares isolados ou corridas, quando recebem cargas distribuídas ao longo de sua extensão.

Segundo o DNER (1996), o uso de fundação direta deverá ser fundamentado em alguns fatores como:

- Característica do subsolo: a resistência e indeformabilidade da camada de assentamento terão que ser suficientes e também na camada de solo subjacente e pela pressão admissível sobre o terreno de fundação.
- Profundidade da camada resistente: o nível de assentamento de uma fundação direta deve estar próximo da superfície.

As fundações diretas não deverão ser expostas a descalçamentos provocados por fenômenos superficiais ou subterrâneos, como fluxos d'água, erosões e outros fatores.

b) Fundações Profundas

Segundo o DNER (1996), o uso de fundações profundas é necessário quando a camada resistente do solo está localizada em média a grandes profundidades ou quando as camadas abaixo da fundação direta estão sujeitas a recalques diferenciais incompatíveis com a estrutura assim como a necessidade de gastos excessivos na implantação das fundações superficiais.

De acordo com Vittório (2002), as fundações profundas podem ser do tipo estacas, tubulões e caixões. As estacas são elementos estruturais de concreto (pré-moldadas ou moldadas no local), aço (perfis

laminados, simples ou compostos), e de madeira(eucalipto ou ipê), cravados por equipamentos apropriados.

2.2 Etapas executivas abordadas no presente trabalho

As etapas de serviço descritas neste item são apenas as que tiveram sua produtividade estudada em obra, de forma que alguns serviços que foram executados no viaduto não são descritos nesta revisão bibliográfica. Foram estudados: compactação na terra armada, concretagem das longarinas, transversinas e vigas e concretagem das escamas.

2.2.1 Maciço da Terra Armada™

Os serviços em Terra Armada são constituídos pela associação da terra ou areia e armaduras complementada por um parâmetro externo flexível, a “pele”. De acordo com Urguisa(2011), os componentes principais da terra armada são:

- A terra ou areia que envolve as armaduras e ocupa um espaço chamado “volume armado”;
- As armaduras que são elementos lineares e flexíveis, trabalhando à tração e devendo apresentar boa resistência à corrosão;
- A pele, parâmetro externo, geralmente vertical e sempre flexível. Pode ser constituído por escamas metálicas flexíveis ou por rígidas escamas de concreto que são capazes de deslizar ligeiramente entre si.

As escamas serão moldadas em áreas planas com a face aparente voltada para baixo. O lançamento do concreto para cada escama será feito sem interrupção e adensado com vibrador de agulha.

O adensamento será completado manualmente sempre que for necessário para forçar o concreto a preencher os cantos dos moldes e evitar a formação de nichos.

A cura do concreto se dará durante o tempo necessário para atingir a resistência a compressão especificada. Já a desmoldagem só poderá ser feita quando não danificar as escamas.

A montagem das escamas deverá ser feita por camadas horizontais sucessivas, geralmente ao longo do comprimento total da obra. Estas camadas horizontais guardam um espaçamento de 0,75m.

Na figura 10 a seguir é possível ter uma visão das escamas na terra armada.

Figura 9 - Vista das placas da terra armada



Fonte: Do próprio autor.

Assim como as escamas, o aterro deve ser construído também em camadas horizontais. A montagem de cada escama não deverá ser iniciada antes de concluído o aterro correspondente a camada inferior. É importante ressaltar que as escamas da primeira fileira apoiam-se diretamente no concreto de soleira de assentamento. Sua colocação começa com as escamas de meia-altura, entre as quais se inserem as escamas inteiras.

Já as tiras metálicas devem ser colocadas perpendicularmente ao paramento, em camadas horizontais. Cada tira de armadura é ligada à espera correspondente por meio de dois parafusos de 10 mm de diâmetro. A regularização do aterro será feita com muito cuidado para que a armadura se apoie completamente no terreno

A figura 11 a seguir mostra as tiras metálicas perpendiculares às escamas.

Figura 10 - Vista geral da terra armada com o aterro, as fitas metálicas e as placas



Fonte: Do próprio autor.

Quanto ao aterro, o mesmo será construído em camadas de 25cm de espessura acabada, cujos níveis correspondem: à parte alta das escamas e às camadas da armadura.

É possível observar na figura 11 a disposição das fitas metálicas em relação às escamas.

O projeto considerou o material do aterro constituído de bica corrida que tem sido largamente utilizada. Porém a construtora deverá aprovar o material junto a empresa projetista da terra armada, através de ensaios de granulometria.

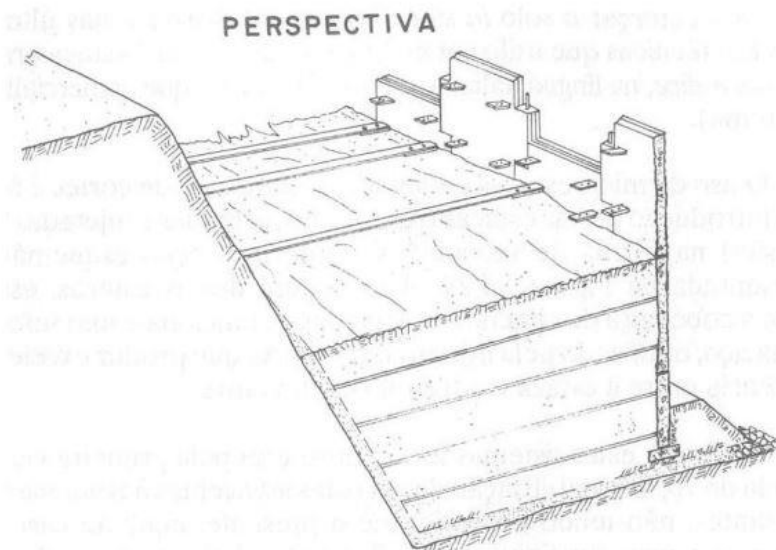
A tabela 1 mostra os condicionantes e implicações para a compactação.

Tabela 1 - Condicionantes e implicações para compactação

Condicionante	Aspecto	Implicações
Equipamento	Tipo de cilindro ou rolo	A forma da superfície deve ser adequada ao tipo de solo
	Peso do rolo	Atingir a compactação adequada no fundo da camada
	Comprimento do rolo	Distribuição linear do peso do rolo
	Velocidade de rolagem	Valores acima de 2 km/h dificultam o ganho de peso específico
Material a ser compactado	Umidade	Deve estar dentro de faixas toleráveis para permitir o GC* desejado; deve ser homogênea; umidade excessiva torna os solos argilosos muito plásticos
	Granulometria	Define o rolo a ser empregado
	Homogeneidade	Fundamental para se evitar a segregação nos agregados bem graduados
	Espessura da camada	Camadas espessas exigem grande energia e muitas passagens de rolos para atingir a massa específica de fundo
Suporte da camada de apoio	Deformabilidade de camada inferior	Quanto maior for sua deformabilidade, maior será o numero de passadas.

Fonte: Balbo(2007)

Figura 11 - Detalhes de uma terra armada.



Fonte: IPT

2.2.1.1 Materiais utilizados na terra armada

a) Escamas

São placas cruciformes pré-moldadas em concreto Portland que deve atingir a:

Resistência característica à compressão $f_{ck} > 21 \text{ MPA}$

Resistência mínima a 7 dias de 16MPa;

Resistência mínima à tração $f_{t28}(2,3 \text{ MPA})$;

O teor de cimento não deverá ser inferior a 350 kg/m^3 de concreto.

b) Armaduras

São tiras de aço de baixo teor de carbono, galvanizadas em banho de metal fundido.

c) Porcas e Parafusos

As porcas, parafusos e arroelas(lisas) deverão ser galvanizadas.

d) Juntas

As juntas verticais serão de espuma de poliuretano, flexível, de célula aberta, com 4x4cm de seção transversal.

As juntas horizontais serão de partículas de cortiça aglomeradas com epóxi obedecendo as dimensões do projeto.

e) Aterro de Volume Armado

Será sempre isento de matéria orgânica e outros materiais agressivos. Deverá satisfazer, em princípio, as seguintes condições granulométricas:

Não conter partículas maiores que 350mm;

Não conter mais que 25%, em peso seco, de partículas com dimensões maiores que 150mm

Não conter mais que 10% de partículas de diâmetro menor que 0,0015mm verificado no ensaio de granulometria com sedimentação.

f) Soleira

Construída com concreto não armado com $f_{ck} > 15 \text{MPa}$

2.2.2 Concretagem das lajes, transversinas e longarinas do viaduto

De acordo com a NBR14931 a concretagem compreende as operações relativas ao transporte e lançamento de concreto.

A concretagem é um serviço que engloba várias sub-etapas que envolve uma grande quantidade de funcionários, tipos de trabalho e necessita de uma gestão eficiente dos fatores que possam interferir em sua execução para proporcionar um melhor aproveitamento dos recursos físicos e financeiros destinados para a mesma.

Segundo Souza (1996), na produção de elementos de concreto armado a concretagem consiste essencialmente no lançamento de concreto sobre a fôrma, na vibração para obter o adensamento, no nivelamento e acabamento superficial, em se tratando de lajes.

2.2.2.1 Recebimento

O concreto chega à obra em caminhões-betoneira devendo ser recebido por um profissional qualificado que irá conferir a nota fiscal, verificando o volume e resistência característica nela constantes, além da integridade do lacre do caminhão que garantirá que o concreto não foi descarregado desde a sua saída na usina.

2.2.2.2 Transporte

O concreto deve ser transportado até o local de lançamento em tempo compatível com o início de pega do cimento.

O transporte do concreto inicia-se no local de produção do mesmo e só se encerra quando este chega a peça a ser concretada. O concreto deve ser transportado do local de recebimento para o de lançamento o mais rapidamente possível para que se mantenha a homogeneidade, evitando-se a segregação de material.

Segundo Metha e Monteiro (1994) quando o transporte é realizado por bombas é necessário o constante fornecimento de concreto fresco, plástico, com certo intervalo de consistência e sem qualquer tendência à segregação. Devem ser tomados cuidados também com a operação da tubulação e com a sua limpeza ao final da concretagem.

As bombas podem ser estacionárias ou acopladas a lanças, e a opção entre elas é em função das características do local a ser concreto, tais como altura e dimensões, e condições do canteiro. A bomba-lança tem a praticidade de movimentar o mangote mecanicamente durante a concretagem, além de evitar a montagem e a desmontagem da tubulação fixa. Seus limites são a altura, as dimensões da laje e os espaços no canteiro.

Na obra estudada a bomba-lança foi utilizada em vários momentos porém seu uso foi restringido em algumas partes da laje por questões físicas: o caminhão teria que ser colocado no meio da estrada e isso causaria mais transtornos que o benefício de ganho de tempo com o uso da lança.

Para Freire (2001) qualquer que seja o sistema de transporte é de suma importância o conhecimento do desempenho dos diversos equipamentos, bem como das suas adequabilidades face às diversas características do canteiro e do serviço.

2.2.2.3 Lançamento

Segundo a NBR 14931 (2004) o concreto deverá ser lançado logo após o amassamento, não sendo permitido entre o fim deste e o lançamento, intervalo superior a 1 hora; entretanto, o uso de aditivos, como uso de retardadores de pega, podem aumentar o prazo.

Sussekind (1984) afirma que para os lançamentos que tenham de ser feitos a seco, em recintos sujeitos a penetração da água, deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não haja água no local em que se lança o concreto nem possa o concreto fresco vir a ser por ela levado.

Tartuce e Giovannetti (1990) citam algumas precauções que devem ser tomadas no lançamento do concreto:

- Em hipótese alguma se fará lançamento após o início da pega
- As formas devem ser molhadas, evitando, assim, a absorção da água de amassamento
- A altura de queda livre não poderá ultrapassar 2m;

Petrucci (1987) recomenda que as camadas de lançamento devam ter altura igual a aproximadamente $3 / 4$ da altura do vibrador.

Figura 12–Uso de mangote para colocar concreto no local de aplicação



Fonte: Do próprio autor.

2.2.2.4 Espalhamento

Devido a dificuldade de lançar uniformemente o concreto nas formas, após o lançamento é necessário espalhá-lo. Nesta etapa foi-se utilizado enxadas e o objetivo é distribuí-lo por toda a peça, preenchendo os locais de difícil acesso e facilitando a atividade de nivelamento (FREIRE, 2001).

Figura 14 - Espalhamento do concreto.



Fonte: Do próprio autor.

2.2.2.5 Adensamento

O adensamento é o processo de moldagem do concreto nas fôrmas e em torno das peças embutidas com o objetivo de expulsar os bolsões de ar retidos. Esta operação pode ser realizada manualmente, por socamento com um haste.

Para Freire (2001) o adensamento tem o objetivo de retirar os vazios do concreto diminuindo sua porosidade e aumentando a resistência e a vida útil da estrutura.

Tartuce e Giovannetti (1990) falam de alguns cuidados para se atingir um bom adensamento, tais como:

- As camadas de concreto a ser vibrado mecanicamente devem estar entre 45 e 60cm.
- O adensamento em camadas muito finas facilita a segregação
- O tempo de vibração deve corresponder, no mínimo, 90 segundos por metro quadrado.
- Evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízo da aderência.

2.2.2.6 Acabamento superficial

Nivelamento é o processo de retirada do excesso superficial de concreto em lajes de modo a deixar a superfície com o nível desejado. Segundo Metha e Monteiro (1994) é feito um movimento de vai e vem

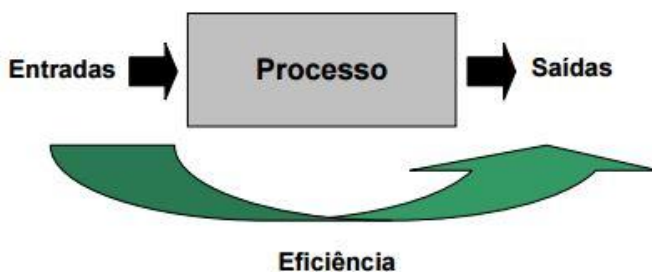
em que uma régua plana é pressionada contra a superfície de modo que o excesso de concreto cortado na face dianteira da régua possa preencher as áreas mais baixas.

2.3- Produtividade

Quando se fala de produtividade, antes de analisá-la existe a necessidade de se identificar quais os fatores que a influenciam, pois estes interveem diretamente em seu desempenho.

Segundo Souza(2006), considerando-se que um processo de produção envolve a transformação de entradas e saídas, define-se produtividade como a eficiência na transformação de tais entradas e saídas que atinjam os objetivos previstos para tal processo.

Figura 13 - Esquema sobre produtividade



Fonte: Souza (2006)

De acordo com Leite(2002) apud Faletti e Ghisleni, (2012), nas décadas de 1960 e 1970 diversos autores organizaram conjuntos de fatores que acreditavam afetar os índices de produtividade, conforme o quadro a seguir.

Tabela 2 - Fatores que afetam os níveis de produtividade

Fatores Gerenciais	Fatores de Trabalho ou Ambiente	Fatores de Projeto	Fatores relacionados aos recursos
Métodos Construtivos	Temperatura, umidade e eventos climáticos	Tipos, números e relações de dependência entre as	Falta de materiais

		operações	
Turnover de decisões	Absenteísmo	Quantidade e habilidades requeridas de força de trabalho	Treinamento de equipe
Tomada de decisões	Organização do canteiro	Construtibilidade	Desperdício
	Forma de pagamento	Efeito de aprendizagem	
	Motivação e valorização do trabalho		

Fonte: Leite (2002)

Antes havia uma tendência da análise individual dos fatores, os quais poderiam interferir na produtividade. Com o passar do tempo houve uma alteração de foco, passando-se a estudá-los de forma sistêmica.

Segundo Thomas e Sakarcian (1994, apud LUCAS et al, 2014) citam no relatório “Effec” da Organização das Nações Unidas(ONU) que há dois fatores principais que afetam a produtividade: o conteúdo do trabalho (também chamado de trabalho a ser feito) e o contexto do trabalho (ou ambiente de trabalho). O conteúdo do trabalho tem relação aos componentes físicos do trabalho, como projeto, detalhamento, requisitos mínimos, tipo de material a ser usado e etc. Já o contexto do trabalho inclui aspectos ambientais e gerenciais, com o clima, disponibilidade de materiais e equipamentos, como o trabalho é executado e organizado entre outros.

Existe também, segundo Souza (1996), as anormalidades, geradas por causas que podem ou não ser controladas pela gerência, provocando influências extremamente danosas sobre o ritmo de trabalho. Souza (1996) ressalta que para ser considerada uma anormalidade o evento deve ser bastante significativo durando ou tendo seus efeitos sentidos durante várias horas e representando condições bastante distantes da realidade.

Essa idéia de relacionar conteúdo e contexto do trabalho com produtividade são a base do Modelo dos Fatores. Esse modelo foi desenvolvido em 1987 por Thomas e Yakoumis e tem como característica principal o fato de analisar a produtividade da mão de obra quanto às equipes de trabalho, sendo que o trabalho da equipe é afetado

por uma quantidade de fatores que pode acarretar perturbações de caráter aleatório ou sistêmico ao desempenho.

A grande complexidade das tarefas exigidas na construção aliadas à influência positiva ou negativa que as mesmas sofrem pela variação de um número vasto de fatores como condição climática, material disponível para execução do serviço e etc possibilitam a representação de um gráfico bastante irregular. Entretanto essa irregularidade resulta numa difícil interpretação gráfica da produtividade do serviço em questão e por isso houve a necessidade de retirar todos esses fatores que provocam grandes alterações no desenvolver dos trabalhos, para conseguir obter uma curva de referência para determinado serviço.

2.3.1 Importância de se entender a Produtividade

Em um ambiente cada vez mais competitivo, as empresas construtoras começaram a investir com mais interesse na gestão dos recursos físicos demandados para produção.

Segundo Dórea e Souza (1999), o objetivo principal quando se fala de qualidade, competitividade e produtividade é sempre a redução dos custos do processo produtivo para aumentar o lucro.

Carraro et al. (1998) afirma que a gestão eficaz dos recursos físicos envolvidos na construção civil, especialmente a mão-de-obra, está entre os principais desafios que esta indústria enfrentará no terceiro milênio. Entre um dos problemas que assombram a construção civil é a má produtividade, uma vez que gestores das obras não costumam ter conhecimento sobre a quantidade de mão de obra que é necessária para se produzir determinado serviço e consequentemente não possuem parâmetros para buscar soluções corretas caso seja verificado algum problema.

Póvoas, Souza e John (1999, apud TIAGO STUM et al, 2001, pg 21) dizem que o estudo da produtividade oferece condições para melhorar a execução dos serviços, seja induzindo a racionalização da mão de obra, dos equipamentos e materiais como na organização do canteiro e na estrutura organizacional adotada. Também há a crença que a influência da produtividade nos custos e prazos de uma obra são fatores determinantes na competitividade de uma empresa.

Carraro apud Araújo(2000) cita outros benefícios, como:

- Previsão do consumo de mão de obra;
- Previsão da duração do serviço
- Avaliação e comparação de resultados

- Desenvolvimento/aperfeiçoamento de métodos construtivos.

Souza (1996) também aponta vários motivos que justificam a escolha de produtividade da mão de obra como objeto de estudo. Um dos motivos é o fato da mão de obra ser o recurso onde as maiores perdas são verificadas, de um grande número de atividades em construção civil ter seu ritmo ditado pela mão de obra e pelo fato de ser o recurso de mais difícil controle enquanto para Fachini (2005) ressalta que a produtividade da mão-de-obra é um assunto de extrema relevância, tanto em função da sua importância na composição para o custo da obra como também pelos aspectos sociais que acarretam.

2.3.2 Indicador de produtividade: Razão Unitária de Produção (RUP)

A partir da necessidade de se estudar produtividade, é necessário que inicialmente, consiga-se mensurá-la (SILVA,1993). E para se atingir esse objetivo, adota-se o indicador chamado de razão unitária de produção, definido como:

$$RUP = Hh/QS$$

Onde:

RUP = razão unitária de produção

Hh= mensuração do esforço humano despendido em homens-horas, para a produção do serviço;

QS=quantidade de serviço

Da equação, observa-se que a produtividade melhora quando cresce a relação entre os resultados e os consumos do processo. De acordo com a equação também conclui-se que quanto menor o valor da RUP, maior será a produtividade de um serviço

É importante enfatizar que a RUP pode ser mensurada com relação a distintos intervalos de tempo, fornecendo assim diferentes serventias quanto ao processo de gestão da produção de um serviço. Podemos citar as RUPs diária; cumulativa; e potencial.

A RUP diária é aquela obtida tomando-se como fundamento uma avaliação diária da produtividade da mão-de-obra. Ao final de cada dia de execução do serviço, utilizando-se a RUP diária, avaliam-se os Homens Hora utilizados e a quantidade de serviço produzida.

Diariamente, a RUP cumulativa é calculada a partir do acúmulo das quantidades de Hh e de serviço desde o dia 1 de trabalho. Assim

sendo, representa a eficiência acumulada durante todo o período de execução do serviço, considerando os melhores dias e também aqueles que não são tão bons.

A RUP potencial não está associada a cada dia de trabalho. Ela indica uma produtividade potencialmente alcançável desde que, mantido um determinado conteúdo de trabalho, não se tenha problemas quanto à gestão do mesmo. Obtêm-se matematicamente calculando a mediana dos valores de RUP diária inferiores ao valor da RUP cumulativa para o final do período de estudo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o método utilizado para que os objetivos do presente trabalho sejam atingidos, além de uma descrição sobre a obra estudada.

3.1 Descrição da Obra foco do estudo

A obra de arte especial, foco do presente estudo de caso, é o viaduto de acesso à Canasvieiras situa-se na SC-401, na cidade de Florianópolis/SC. Neste viaduto, a via se desenvolve planimetricamente, parte em tangente e parte em curva circular e altimetricamente em curva espiral. É possível ver essa curva espiral na figura 16 a seguir.

Figura 14 - Vista lateral do viaduto.



Fonte: Do próprio autor.

A extensão total do viaduto é de 200,00m, medidos entre faces externas das transversinas de entrada.

A largura total do estrado é de 8,80m assim subdividido: duas faixas de rolamento de 3,50m, duas folgas de 0,50m e duas barreiras New Jersey de 0,40m.

A superestrutura, em concreto armado, é formada por uma seção caixão celular, com três células quadradas de 1,10mx1,10m, com quatro longarinas e duas lajes, superior e inferior. A superestrutura apresenta uma junta de dilatação, situada no apoio P5. As longarinas são contínuas, com balanços extremos de 0,50m, dois vãos extremos de 24,50m e seis vãos intermediários de 25,00m. A seção celular, tem altura constante de 1,50m, largura variável de 4,60m na face inferior e 5,10m na face superior. As lajes superior e inferior têm espessura de 0,25m. As lajes dos balanços tem espessura variável 0,20m nos extremos e 0,30m junto ao caixão celular. Foram adotadas barreiras tipo New-Jersey com altura de 0,87m. Os encontros terão alas de retorno de 1,80m.

Para drenagem serão utilizados drenos de PVC com diâmetro 100mm, junto à barreira New-Jersey. Adequou-se também duas pingadeiras cada lado, nas lajes em balanço.

A mesoestrutura, responsável pela transmissão das cargas da super para a infraestrutura, é constituída por pilares isolados circulares em concreto armado.

A vinculação da super e mesoestrutura é feita por meio de aparelhos de apoio de elastômero fretado.

A infraestrutura, devido às características do terreno, será profunda tipo estacas centrifugadas, coroadas por bloco de concreto armado.

Classe da obra: Trem Tipo Classe 45 da NBR 7188

Concreto Estrutural utilizado: Infra, Meso e Super: 30 MPa.

3.1.1 Caracterização da empresa

De forma a preservar a identidade da empresa na qual foi feito o estudo de caso deste trabalho de conclusão de curso a mesma não terá seu nome identificado.

A empresa atua em todo o território nacional, com foco na indústria da construção civil pesada, sendo responsável pela execução de obras e terraplenagem em empreendimentos de geração de energia elétrica solar e eólica, obras de artes especiais.

3.1.2 Caracterização da mão de obra

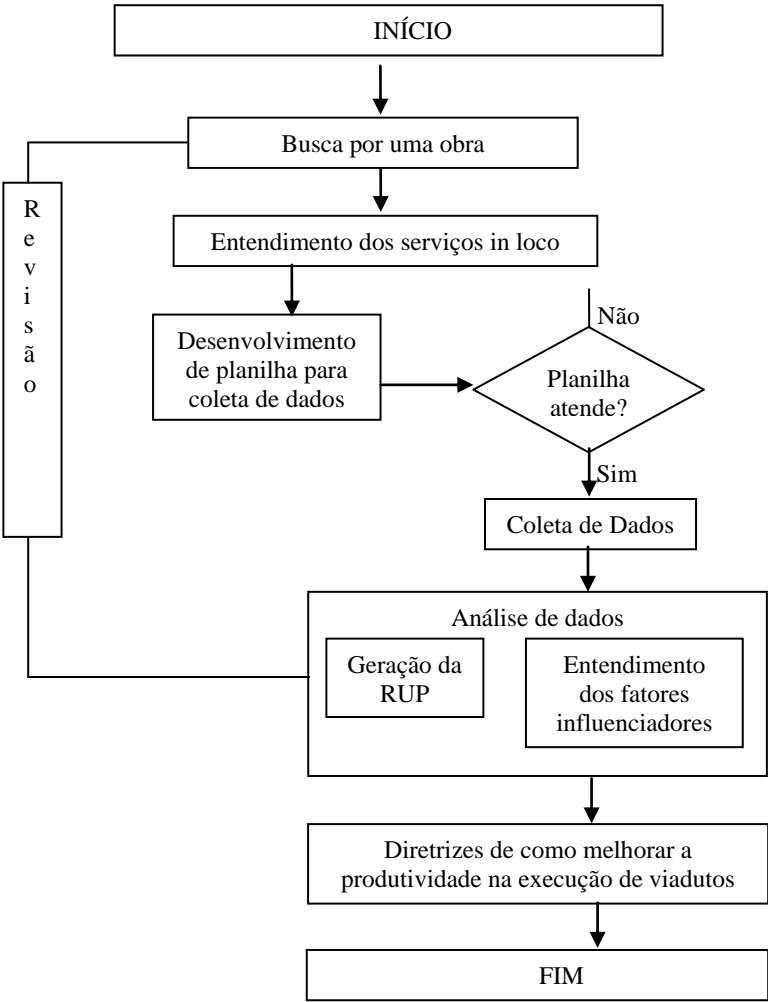
A empresa responsável pela obra em estudo possui mão de obra própria. Porém, na obra em questão, para alguns serviços utilizou-se empresas terceirizadas, como para a execução da terra armada (um dos

objetos de estudo desse trabalho de conclusão de curso), armação, fundação, sinalização, pavimentação e terraplenagem.

3.2 Passos Metodológicos

Em prol de resultados confiáveis é necessário o planejamento da execução dos trabalhos. No fluxograma 1 a seguir estão apresentadas as etapas da pesquisa.

Fluxograma 1 – Passos Metodológicos



3.2.1 Revisão Bibliográfica

Para melhor entendimento e compreensão sobre o tema em questão foi necessário fazer o embasamento teórico através de leituras de livros, teses etc. tanto sobre o tema produtividade quanto sobre a execução dos serviços acompanhados.

3.2.2 Busca por uma obra

Assim que foi finalizada a revisão bibliográfica teve início a procura por uma obra que contemplasse o tema estudado, no caso, um viaduto. Surgiu a oportunidade de acompanhar a execução do viaduto que estava sendo construído em Canasvieiras e assim ele se tornou a obra foco do objeto de estudo.

3.2.3 Entendimento dos serviços in loco

Com a decisão de fazer a análise da produtividade de serviços executados no viaduto, tornou-se essencial o entendimento dos serviços presentes na obra para se decidir o que e como seria quantificado.

3.2.4 Desenvolvimento da planilha piloto para coleta de dados

Após o entendimento dos serviços in loco houve a tomada de decisão sobre quais seriam os serviços analisados para o trabalho de conclusão de curso. A partir da escolha, elaborou-se planilhas para a coleta dos dados em campo.

A planilha foi sendo aperfeiçoada durante as visitas. A da compactação da terra armada, por exemplo, de início havia sido feita sem levar em consideração um item sobre condições meteorológicas. Após pesquisas e conversa com o operador do rolo compactador decidiu-se incluir esse fator na planilha. O mesmo se sucedeu com a planilha de produção de placas, no qual de início havia sido feita sem o mesmo item de condições meteorológicas e que depois de estudos mostrou-se um item crucial a ser observado.

Assim, inicialmente fez-se um esboço de planilha e caso a mesma não contemplasse algo necessário para o cálculo do indicador de produtividade, voltava-se para a ela e acrescentava-se ou retirava-se algo que não fosse necessário.

3.2.5 Desenvolvimento da planilha para coleta de dados

Preconiza-se que, para o cálculo dos homens-hora, a adoção das horas disponíveis para o trabalho, que incluem todo o tempo onde os operários estariam a disposição para exercer suas atividades. (SOUZA, 2001)

Houve um atraso no cronograma pois dia 22/04 e 23/04 em que estavam previstas a compactação e que não puderam ser executadas em virtude de chuva torrencial. A mensuração da compactação era contada pelo número de camadas pois sua espessura era sempre a mesma (25 cm para cada camada). A carga horária de levantamento foi em média de 8 horas, apenas nas últimas camadas que a carga horária de levantamento foi menor.

A confecção de placas também teve seu acompanhamento em conjunto com a própria programação feita para essa atividade. O serviço foi feito em sequência durante duas semanas todos os dias (excluindo domingo). A carga horária de levantamento foi de 8 horas.

A mensuração da confecção de placas era feita pela área e volume, pois era comprado concreto para ser usado em formas com área e volume já previamente conhecidos.

A concretagem foi mais um item que teve seu acompanhamento aliado a cronograma da obra, totalizando seis dias. A carga horária de levantamento acompanhava o serviço inteiro da concretagem, até ser finalizada (logo seu tempo variou a cada concretagem).

A mensuração da concretagem foi feita através do controle da quantidade de caminhões (cujo volume transportado era conhecido).

Os serviços analisados não foram realizados paralelamente, conforme pode ser verificado pela Tabela 6.

Tabela 5 - Cronograma das atividades acompanhadas

Ser v	Março											Abril						Maio					Junho		Julho		Agosto	
	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	15	18	20	25	26	27	05	06	07	08	09	10	22	13	25	03	12
I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
II												X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
III																							X	X	X	X	X	X

Em que I=Confecção de Placas, II=Compactação Terra Armada e III=Concretagem das Lajes, Longarinas e Transversinas.

3.2.7 Geração da RUP

Após a coleta de dados, os mesmos foram organizados no programa Microsoft Excel para facilitar a geração dos índices de produtividade RUPs. Assim, com a elaboração dos gráficos facilitou a análise das informações. Além dos indicadores de produtividade, nesta etapa foi feita a descrição de como foram realizados os serviços.

3.2.8 Busca de fatores influenciadores

Com a análise de dados e com as informações anotadas buscou-se entender quais seriam os fatores influenciadores que levaram aos indicadores de produtividade obtidos.

3.2.9 Diretrizes de como melhorar a produtividade na execução de viadutos

Tendo em mãos os fatores influenciadores e as experiências anteriores de outros autores, relatados na revisão bibliográfica, buscou-se refletir em quais ações poderiam ser aplicadas para tentar reduzir o efeito negativo que alguns fatores influenciadores tiveram sobre a produtividade.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo serão apresentados e analisados os dados levantados em campo, de acordo com os métodos apresentados anteriormente.

Foram coletados 6 dias de concretagem, 11 dias de confecção de placas e 11 dias de compactação.

4.1 Caracterização da Mão de Obra

4.1.1 Compactação

A equipe envolvida na etapa de compactação era composta por três pessoas, sendo elas:

- Um operador de rolo compactador;
- Um operador de placa vibratória;
- Um operador de escavadeira.

O operador da escavadeira também dirigia o caminhão basculante e realizava os serviços de retirada de material e de espalhamento.

Já o operador de rolo realizava o serviço de compactação do material na parte central do rolamento.

O operador de placa vibratória realizava os serviços de espalhamento na parte lateral do rolamento.

4.1.2 Produção de Placas

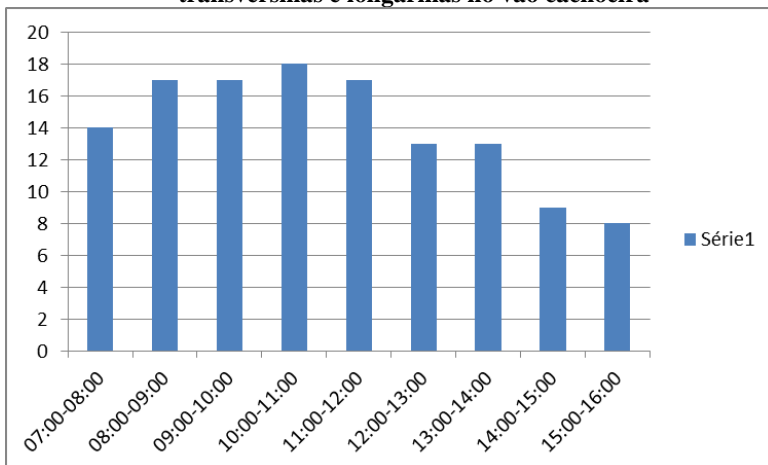
A equipe envolvida na etapa de produção de placas era composta por seis funcionários.

O serviço que se acompanhou foi dos operários concretando as placas nos moldes.

4.1.3 Concretagem das Lajes, Transversinas e Longarinas

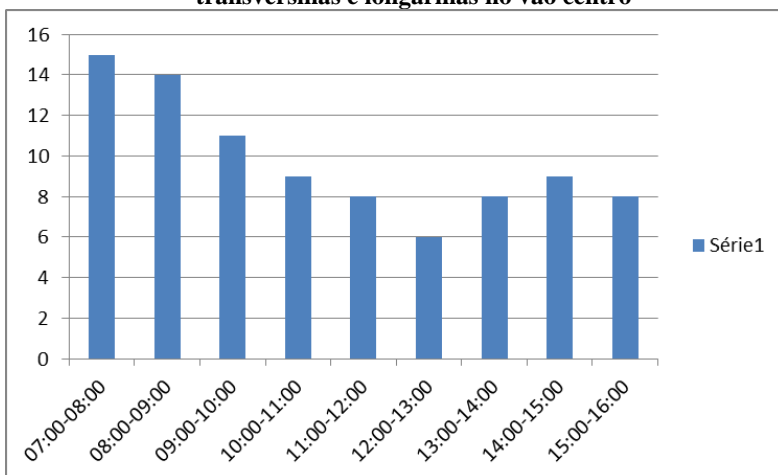
A equipe envolvida na etapa de concretagem sofria bastante oscilações. O gráfico a seguir mostra a oscilação na quantidade de operários na concretagem das transversinas e longarinas do primeiro vão.

Figura 15 - Oscilação do número de operários na concretagem de transversinas e longarinas no vão cachoeira



A critério de comparação, a mesma concretagem de longarinas e transversinas feita no outro vão já possuía uma quantidade de operários diferente.

Figura 16 - Oscilação do número de operários na concretagem de transversinas e longarinas no vão centro



Segundo o engenheiro da obra, definir o número de operários é uma tarefa bastante complexa pois tem que se balancear vários fatores

como número de equipamentos disponíveis, o preço do aluguel de mais de uma lança por exemplo, a velocidade dos operários, a complexidade da peça a ser concretada entre outros.

Na padronização da equipe foi-se contado o encarregado pois ele efetivamente também executava o serviço.

4.2 Caracterização dos equipamentos

Aqui poderia colocar uma tabela com o serviço, equipamentos utilizados, marca e modelo

Tabela 6 - Lista de equipamentos

Serviço	Equipamento	Marca	Modelo
Compactação	Escavadeira hidráulica	Komatsu	Pc 200
	Rolo compactador	Carterpillar	Cs54
	Placa vibratória	Weber	Cf2
	Caminhão basculante	Não foi levantada.	Não foi levantado.
Concretagem de placas	Caminhão betoneira capacidade 8 m ³	Não foi levantada.	Não foi levantado.
	Vibrador	Branco	BV45
	Régua vibratória	Não foi levantada.	Não foi levantado.
Concretagem de longarinas, transvesinas, laje inferior e superior	Caminhão betoneira capacidade 8 m ³	Não foi levantada.	Não foi levantado.
	Vibrador	Branco	BV45
	Sarrafo metálico	Não foi levantada.	Não foi levantado.
	Enxada	Não foi levantada.	Não foi levantado.

4.3 Caracterização dos Serviços

A empresa contratada prestou os serviços não somente com equipe própria, mas também com empresa terceirizada. Todos os equipamentos disponíveis na obra eram alugados.

Durante a execução da obra do viaduto foram acompanhadas as seguintes etapas:

- Concretagem do Viaduto
- Compactação na Terra Armada
- Produção de Placas

As seguintes etapas a seguir também ocorreram, mas não foram acompanhadas:

- Cimbramento
- Concretagem das barras de segurança
- Montagem das armaduras
- Colocação das Placas (Terra Armada)
- Colocação das Fitas Metálicas (Terra Armada)
- Obras de drenagem

As etapas acompanhadas serão descritas nos itens a seguir.

4.3.1 Compactação na Terra Armada

A compactação na Terra Armada era realizada pelo operador do rolo compactador, pelo operador da placa vibratória nas laterais e pelo operador da escavadeira. A placa vibratória pode ser vista na lateral esquerda da figura 19 e o rolo compactador conforme a figura 20.

Figura 19- Placa vibratória na lateral esquerda.



Fonte: Do próprio autor.

Figura 17 - Operador do rolo compactador fazendo a compactação na terra armada



Fonte: Do próprio autor.

O aterro foi compactado com o material conhecido como “bica corrida”. As etapas para realizar o aterro eram o carregamento da bica corrida com o uso do caminhão basculante. Depois, com o uso da

escavadeira, a bica corrida era espalhada na camada. Pode-se ver a escavadeira usada conforme Figura 21.

Figura 18 - Escavadeira na Terra Armada



Fonte: Do próprio autor.

A mobilização do maquinário pode ser observada na figura 22.

Figura 22- Uso de escavadeira para lançamento da bica corrida



Fonte: Do próprio autor.

A camada era nivelada para compactação e compactada com o uso do rolo compactador.

O aterro era executado juntamente com a elevação das escamas.

4.3.2 Produção das Placas

A equipe de concretagem de placas pré-moldadas in loco era formada por 6 operários, sendo 1 para o transporte do mangote(e posteriormente para segurá-lo), 3 para adensamento e 2 para sarrafeamento.

Figura 19 - Operários concretando as placas pré moldadas no canteiro



Fonte: Do próprio autor.

A forma das placas era alugada, tendo geometria bem definida de formato cruciforme, como pode ser comprovado pela Figura 24 e o concreto era comprado de concreteira.

Figura 20 - Escamas cruciformes já concretadas



Fonte: Do próprio autor.

Inicialmente eles preparavam a armação de todas (feita por uma equipe diferente) e depois as concretavam. O serviço analisado foi apenas a o de concretagem das placas.

Os equipamentos usados eram vibradores e a régua vibratória.

As figuras 25 e 26 mostram a disposição das escamas no canteiro.

Figura 21 - Disposição das escamas empilhadas



Fonte: Do próprio autor.

Figura 22 - Fôrmas das placas já concretadas esperando a cura do concreto



Fonte: Do próprio autor.

4.3.3. Concretagem de Lajes, Transversinas e Longarinas

A concretagem do viaduto foi separada em 2 vãos e cada um deles também foi separado em 3 partes: laje inferior, transversinas e longarinas e laje superior.

A concretagem era realizada por um número bem variável de funcionários, como já foi descrito no item Caracterização de Mão de Obra Concretagem.

O concreto era comprado de concreteira e os equipamentos usados foram vibradores, régua e enxada.

Figura 23 - Concretagem com uma única frente, usando apenas um mangote usado no dia 13/07



Fonte: Do próprio autor.

Figura 24 - Concretagem com duas frentes, usando dois mangotes usados no dia 13/07



Fonte: Do próprio autor

4.4 Levantamento de Produtividade

A produtividade foi mensurada a partir do indicador de produtividade RUP (Razão Unitária de Produção) que relaciona a quantidade de homem hora disponível pela quantidade de serviços realizados.

Entre os serviços analisados, as RUPs foram obtidas para as etapas de concretagem, produção de placas e compactação (para terra armada). A etapa de compactação (para terra armada) era a que possuía sempre os mesmos três operários em todos os dias de realização do serviço. Um deles ficava apenas operando o rolo compactador, o outro ficava com a prensa vibratória e um ficava na escavadeira e caminhão basculante. Para produção de placas era sempre a mesma quantidade de funcionários mas por questão de escala nem sempre era o mesmo funcionário que trabalhava em todos os dias. Já a concretagem foi o serviço com maior flutuação na quantidade de operários: sempre variava bastante.

Os tempos auxiliares, ou seja, aqueles que não agregam valor ao produto final mas que são necessárias) e improdutivos estão inclusos nesse indicador. Assim, a RUP final não irá contemplar apenas os tempos em que o operário efetivamente executou o serviço. Tal decisão foi tomada para que o indicador seja fiel ao que realmente acontece na obra e dessa forma possa ser usado para realização de orçamentos e planejamentos.

Em relação aos fatores influenciadores observados em todos os serviços analisados, os mesmos foram descritos na tabela 8.

Tabela 8 - Fatores que afetam os níveis de produtividade

Fatores Gerenciais	Fatores de Trabalho ou Ambiente	Fatores de Projeto	Fatores relacionados aos recursos
Métodos Construtivos	Temperatura, umidade e eventos climáticos	Previsão da quantidade de concreto necessária	Treinamento de equipe
Reuniões	Absenteísmo	Quantidade e habilidades requeridas de força de trabalho	Tipo de maquinário utilizado

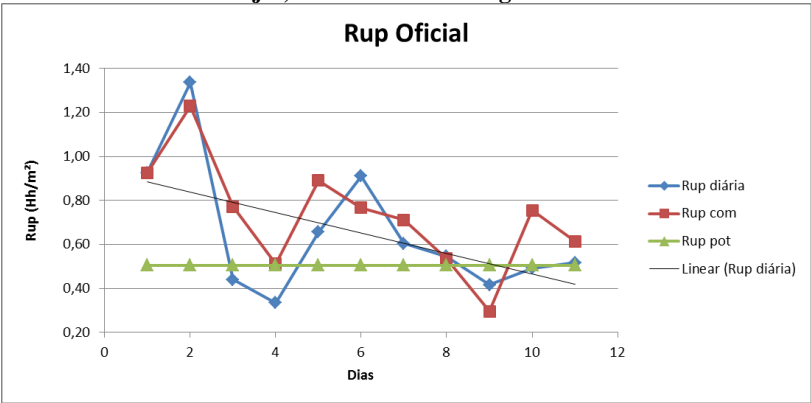
Contato com Concreteira	Organização do canteiro	Efeito de aprendizagem	
Número de Frentes de concretagem			

Inicialmente os serviços serão separados para facilitar a análise.

4.4.1. Concretagem de Lajes, Transversinas e Longarinas

A figura a seguir ilustra graficamente os valores da RUP diária juntamente com a RUP cumulativa. Também aparece a RUP potencial, que é calculada através da mediana das RUPs diárias cujos valores sejam inferiores do valor da RUP cumulativa.

Figura 25 - Gráfico dos índices de produtividade para concretagem de lajes, transversinas e longarinas.



A RUP diária variou de 0,33 até 1,34Hh/m³. Essa diferença existente pode ser explicada pelos fatores influenciadores. A pior RUP veio do primeiro dia de concretagem. O primeiro dia de concretagem teve vários aspectos que influenciaram na RUP ruim. Um dos pontos é que o horário de início da concretagem não foi previamente comunicado aos funcionários. Assim, quando o primeiro caminhão chegou na obra havia apenas 6 funcionários.

Outro ponto que influenciou na produtividade ruim é que os operários não possuíam experiência com concretagem de viaduto: assim, era nítida a desorganização de posicionamento: o operário responsável

pelo sarrafeamento acabava disputando espaço com o responsável pelo adensamento e até mesmo os operários que seguravam o mangote acabavam esbarrando em outros.

No período da tarde ocorreu um atraso de mais de uma hora do caminhão betoneira. Por um erro de comunicação a concreteira não havia entendido o número necessário de caminhões para o dia e acabou mandando menos. Quando o mal entendido foi desfeito a demora permaneceu pois na ordem de prioridades da concreteira os pedidos considerados feitos depois acabam sendo mandados por último. Por ser concretagem da laje também acaba sendo um fator influenciador pois ela demanda um maior cuidado que a concretagem de transversinas e longarinas, por exemplo.

O dia 22/06 foi das concretagens das transversinas e longarinas. As RUPs acabaram sendo melhores que as da laje inferior pois segundo os operários é mais fácil lidar com concretagem de transversinas e longarinas pois não precisa nivelar, por exemplo. Outro ponto que foi crucial para a melhora da produtividade foi o uso de 2 lanças no lugar de 1. Porém o aluguel da lança adicional havia sido previsto só por algumas horas mas mesmo assim resultou numa diferença positiva. Entretanto, a RUP do período da tarde acabou sendo prejudicada por uma previsão errônea da quantidade de m^3 necessários para a concretagem. Havia sido previstos 24 caminhões mas no final do vigésimo quarto ainda faltava preencher $1,3m^3$. Isso aconteceu às 13:53 da tarde. Como é necessário fazer um novo pedido para a concreteira ele acaba sendo colocado por último na “fila” de produção de concreto, o que acabou fazendo com que o caminhão apenas chegasse às 15:00. Ou seja, houve mais de uma hora dos operários parados por causa de $1,3m^3$ de concreto.

O dia 13/07 foi utilizado para fazer a laje superior. Em comparação com o valor de RUP encontrado para a laje inferior (0,92 e 1,34 respectivamente para período de manhã e tarde), a laje superior teve RUP diária de 0,66 e 0,91). Essa melhora é intimamente ligada a alguns pontos que foram corrigidos em relação a primeira concretagem: na sexta-feira anterior foi-se realizada uma reunião para relacionar todos os operários que estariam na concretagem e sobre o horário de início dos trabalhos. O outro ponto que ajudou foi o uso, novamente, de 2 lanças por um período de tempo (o que possibilitou duas frentes de concretagem). Não houve atraso expressivo de caminhões nesse dia porém estava um dia nublado e por 30 minutos a concretagem teve que ser interrompida pois começou a chover muito numa parte da manhã.

Assim, foi encerrada a concretagem do primeiro vão e iniciou-se a concretagem do segundo. A primeira etapa é laje inferior. Por questões

de cronograma ela teve que ser realizada em um sábado(25/07). Para acelerar o processo decidiu-se por novamente alugar 2 lanças e assim ter duas frentes de concretagem. Próximo das 09:00 uma das lanças apresentou problema e teve que ser substituída, sendo necessário aguardar sua troca. Assim como no dia 22/06 houve uma previsão errada sobre a quantidade de concreto necessária, precisando pedir um pouco mais para a concreteira. Mas por ser sábado e não ter muitos pedidos na fila o caminhão acabou chegando rapidamente e a concretagem se encerrou num turno só, gerando uma RUP diária de 0,60 Hh/m³, sendo bem melhor que o 0,92 e 1,32Hh/m³ atingidos pela laje inferior do outro vão)

No dia 03/08 foi realizada a concretagem das transversinas e longarinas. Optou-se também pelo uso de 2 lanças para melhorar a produtividade e abrir duas frentes de concretagem. Mas assim como nas outras oportunidades, nessa também houve problema em uma das lanças que acabou sendo usada para o descarregamento de apenas 2 caminhões betoneiras. A decisão tomada foi de mandar a lança embora e não pedir substituição.

Outro fator que aconteceu, assim como em algumas outras vezes, foi atraso de um dos caminhões betoneiras (em torno de uma hora). Um outro fato que não havia aparecido anteriormente e que nesta etapa se mostrou relevante foi que pela primeira vez houve a troca do operador do mangote e segundo o que se foi falado ele possuía pouca experiência (contrapondo com o funcionário que ficava anteriormente que era operador de mangote por mais de 20 anos). Por esse novo funcionário não dominar muito o comando da vazão de concreto e na própria movimentação do mangote acarretava numa maior dificuldade dos operários conseguirem direcionar corretamente o mangote. Assim, a RUP diária desse vão deu 0,55 e 0,42 respectivamente para período de manhã e tarde, contrapondo com a RUP diária do vão anterior feito que foi de 0,44 e 0,33Hh/m³. Ou seja, o fato das duas lanças terem sido usadas por pouco tempo (em relação ao primeiro vão em que se usou por mais tempo) e a troca do operador do mangote se mostraram fatores mais fortes que a experiência adquirida pelos operários, fazendo com que a RUP diária das transversinas e longarinas feitas pela segunda-vez apresentassem um indicador pior que as primeiras.

No dia 12/08 iniciou-se a concretagem da laje superior, última etapa a ser feita. Não ocorreu nenhum fator que influenciasse de forma negativa a concretagem, tudo transcorreu sem problemas. Desse modo, aliado a experiência adquirida pelos funcionários obteve-se o melhor indicador para laje: 0,49 e 0,52 Hh/m³ manhã e tarde respectivamente.

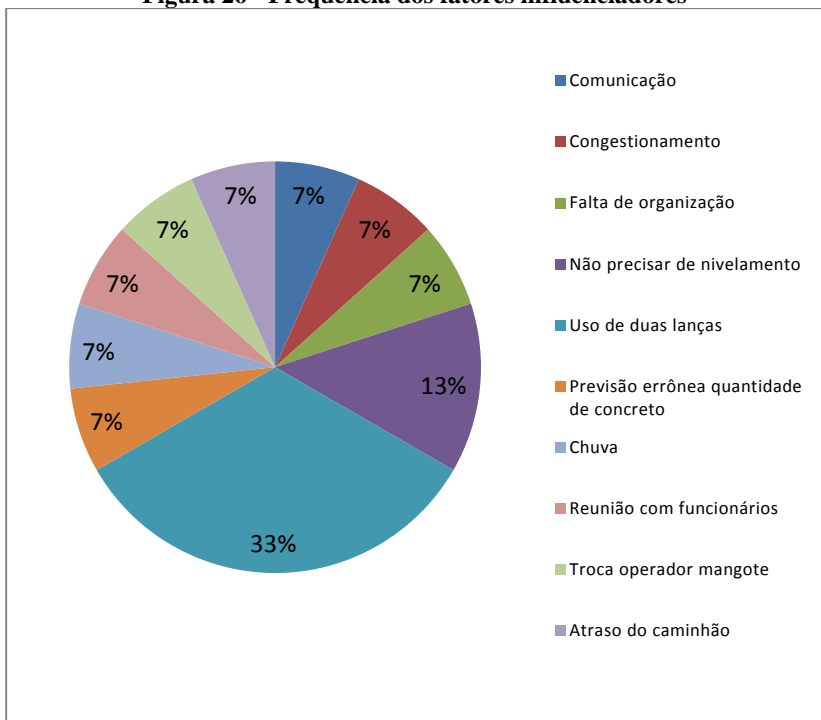
Na figura 29 é interessante observar que houve um aprendizado da equipe que nunca tinha executado a concretagem de um viaduto; através da linha de tendência pode-se visualizar que a equipe foi consumindo cada vez menos horas para executar um metro cúbico.

Tabela 7 - Fatores influenciadores para concretagem de longarinas, transversinas e lajes.

Dia		RUP(Hh/m³)		Fator influenciador	Entendimento
	Data	Manhã	Tarde		
1	10/06	0,92	1,34	Poucos operários na obra	Falta de comunicação sobre a concretagem
				Congestionamento do local de trabalho	Atrapalhava o andamento do serviço
				Falta da organização da equipe	Atrapalhava o andamento do serviço
2	22/06	0,44	0,33	Não precisar de nivelamento	Por não precisarem de operários passando a régua metálica, acaba acelerando o processo.
				Uso de 2 lanças	Duas frentes de concretagem diminuíram o tempo necessário para completar o serviço.
				Previsão errônea da quantidade de concreto necessária.	Mal dimensionamento da quantidade de concreto necessária teve como consequência a necessidade de fazer novo pedido pra concreteira que demorou para trazer.
3	13/07	0,66	0,91	Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço
				Chuva	A chuva gerou certa dispersão dos funcionários que foram atrás de capa de chuva e depois pararam pois a chuva acirrou, o que levou a uma parada na concretagem.
				Reunião com os funcionários	Uma reunião prévia com funcionários levou a um maior esclarecimento sobre horário e função de cada um, melhorando a organização na concretagem.
4	25/07	0,6		Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço
5	03/08	0,55	0,42	Troca de operador do mangote	O novo operador do mangote não tinha muito controle, levando a grande vazões de concreto que acabavam saindo do controle dos operários que seguravam o mangote e prejudicava o andamento do serviço
				Atraso de caminhão betoneira	Operários ficavam parados.
				Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço
6	12/08	0,49	0,52	Uso de duas lanças	O uso de duas lanças acelerava o andamento do serviço

Em termos de frequência, é perceptível a prevalência do uso das 2 lanças como fator influenciador mais relevante para a concretagem das lajes, longarinas e transversinas.

Figura 26 - Frequência dos fatores influenciadores



Isso se deve ao fato que o uso de 2 lanças cria 2 frentes de concretagem. Como a saída do indicador é quantidade de serviço que é mensurada em m^3 , as duas frentes de concretagem acabam liberando o dobro da vazão em comparação com uma frente de concretagem. Além disso, quando há as duas frentes de concretagem há a divisão do grupo de operários em dois, resultando em uma redução do congestionamento de funcionários na execução do serviço.

O segundo fator influenciador mais presente em termos de frequência foi o fato de não haver necessidade de nivelamento. Isso ocorreu nos dias de concretagem das longarinas e transversinas, que ao contrário das lajes, não necessitavam do acabamento superficial com

régua metálica. Segundo os operários, isso resultava numa maior facilidade de concretagem da peça, fato que foi comprovado.

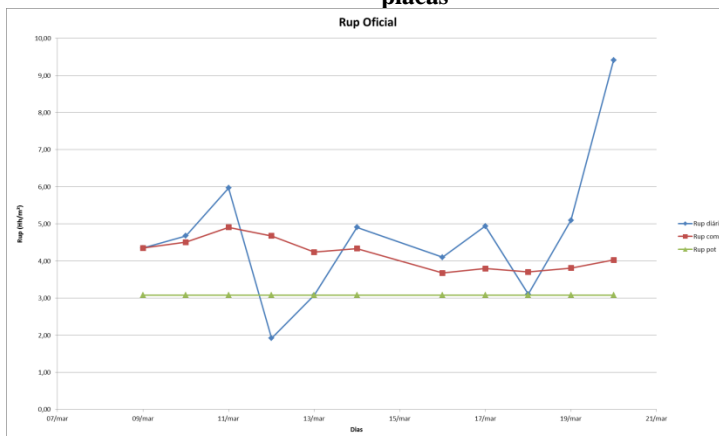
Outros fatores influenciadores presentes foram a falta de organização, congestionamento e falta de comunicação, fato observado no primeiro dia de concretagem, assim como a previsão errônea da quantidade de concreto que foi observada no segundo dia de concretagem. Já chuva e reunião com os funcionários foi observado no terceiro dia de concretagem. Por fim, troca de operador do mangote e atraso do caminhão foram fatores influenciadores para o quinto dia de concretagem.

O acompanhamento da concretagem de longarinas, lajes e transversinas deixou muito clara a existência do efeito aprendizagem e repetição. Segundo (THOMAS 1986 apud OLIVEIRA, RICARDO R. 1999), são várias as razões que explicam o efeito aprendizagem: familiarização com o trabalho, melhoria da coordenação da equipe e dos equipamentos, melhor gerenciamento e supervisão no dia-a-dia, desenvolvimento de melhores métodos de execução, melhores formas de suprimento das tarefas e menores alterações nos trabalhos e redução de retrabalho. Quase todos os itens citados por THOMAS(1986) foram percebidos no acompanhamento das concretagens.

4.4.2. Produção de Placas

A figura 31 a seguir ilustra graficamente os valores da RUP diária juntamente com a RUP acumulativa. Também aparece a RUP potencial, que é calculada através da mediana das RUPs diárias cujos valores sejam inferiores do valor da RUP cumulativa.

Figura 27 - Gráfico dos índices de produtividade de concretagem das placas



A RUP diária variou de 1,92 até 9,41 Hh/m³. Ao contrário da concretagem que foi verificada a existência de vários fatores influenciadores, a produção de placas por sua vez acabou limitada a basicamente 2 fatores: condições meteorológicas e horário de chegada do caminhão betoneira. As piores RUPs estão no dia 20/03, 19/03, 17/03, 14/03, 11/03, 10/03 e 09/03. A RUP do dia 20/03 foi ruim pois os funcionários acabaram tendo que fazer nesse dia algumas placas que faltaram ser feitas. Como eram poucas, eles acabaram o dia ociosos (pois haviam sido realocados para essa função). Já a do dia 11, 14 e 19 de março foram devido a atraso de caminhão da concreteira. Nos outros dias, ou seja, 17, 10 e 09, o fator influenciador foi a chuva.

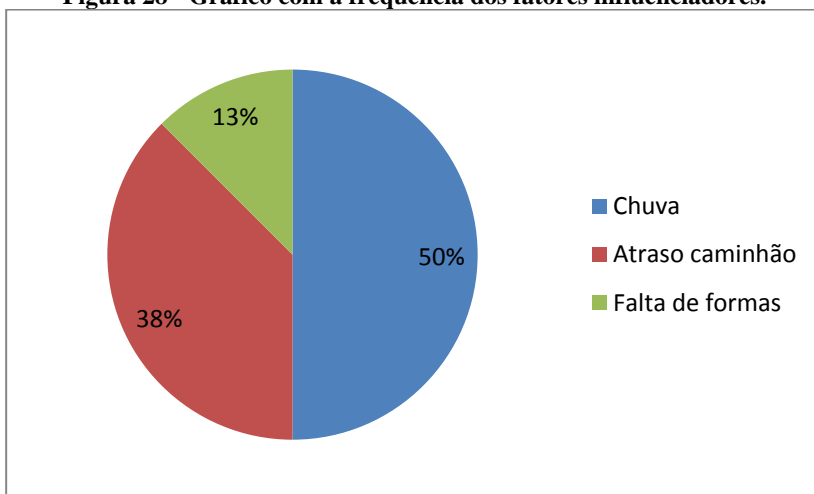
Assim, os dias em que não houve chuva e em que o caminhão da concreteira não atrasou os indicadores resultaram bons. A melhor RUP, por exemplo, foi no valor de 1,92 Hh/m³ e foi um dia de sol e sem atrasos do caminhão.

Outro fator que acabou resultando em um problema em cadeia é que a concreteira, no início estava mandando concreto sem aditivo de

cura rápida. Como as formas eram alugadas e não havia mais espaço para colocar outras (caso se alugasse mais), as novas rodadas de concretagem acabavam sendo prejudicadas pois muitas escamas ainda não estavam prontas para serem desmoldadas pois o concreto ainda não havia atingido a cura. Foi necessária uma reunião entre concreteira e representantes da empresa que estava na obra para conversar sobre o assunto e resolver esta questão.

Em termos de frequência, é perceptível a prevalência do atraso do caminhão betoneira e da chuva como fatores influenciadores para a concretagem das escamas, como pode ser observado na figura 32.

Figura 28 - Gráfico com a frequência dos fatores influenciadores.



É nítido no gráfico que a incidência da chuva foi o fator influenciador mais presente. Isso foi devido ao mês de março ter sido um mês extremamente chuvoso e a chuva acaba sendo prejudicial pois dependendo da intensidade eles interrompem o serviço. Da mesma forma, mesmo quando a chuva não é intensa acaba atrapalhando o andamento do serviço pois os operários se deslocam até o canteiro para colocar a capa de chuva e quando voltam há uma certa demora até o reinício dos trabalhos.

O atraso do caminhão também foi um fator influenciador presente pois teve como reflexo os funcionários parados na espera do caminhão para continuar com o serviço.

A falta de formas foi um fator influenciador para o último dia, em que os operários não conseguiram desformar os moldes feitos no dia anterior cedo, de forma que eles tiveram que esperar até conseguir liberar as formas para concretar as escamas que faltavam para encerrar a concretagem das escamas.

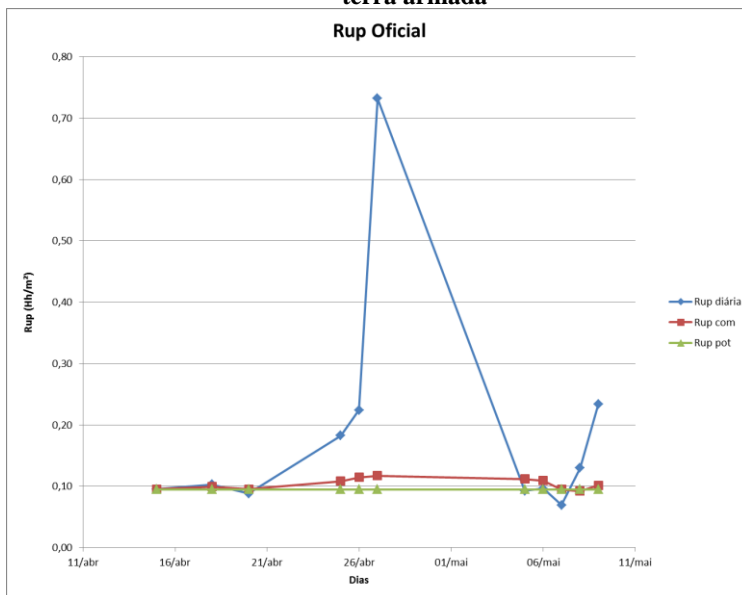
Tabela 8 - Fatores influenciadores para concretagem de escamas.

	Data	RUP	Fator influenciador	Entendimento
1	09/3	4,35	Muita chuva	A chuva implicava em parada da concretagem se fosse muito forte ou redução da velocidade de execução do serviço se fosse mais amena.
2	10/03	4,68	Muita chuva	A chuva implicava em parada da concretagem se fosse muito forte ou redução da velocidade de execução do serviço se fosse mais amena.
3	11/03	5,97	Muita chuva e atraso de caminhão	A chuva implicava em parada da concretagem se fosse muito forte ou redução da velocidade de execução do serviço se fosse mais amena. E o atraso de caminhão leva a espera dos funcionários.
4	12/03	1,92	Sem chuva	
5	13/03	3,08	Sem chuva	
6	14/03	4,91	Sem chuva mas com atraso do caminhão	O atraso de caminhão leva a espera dos funcionários.
7	16/03	4,1	Sem chuva	Sem interferência
8	17/03	4,94	Chuva (porém fraca)	A chuva implicava em parada da concretagem se fosse muito forte ou redução da velocidade de execução do serviço se fosse mais amena.
9	18/03	3,1	Sem chuva	
10	19/03	5,1	Atraso do caminhão	O atraso de caminhão leva a espera dos funcionários.
11	20/03	9,41	Demora para conseguir liberar as formas para concretar o tipo de escama que faltava	A falta de formas livres leva a espera dos funcionários.

4.4.3. Compactação na Terra Armada

A figura a seguir ilustra graficamente os valores da RUP diária juntamente com a RUP acumulativa. Também aparece a RUP potencial, que é calculada através da mediana das RUPs diárias cujos valores sejam inferiores do valor da RUP cumulativa.

Figura 29 - Gráfico dos índices de produtividade para compactação na terra armada



Para saber a quantidade de serviço compactada por dia, a decisão foi por se controlar o número de camadas feitas diariamente. Sabendo o número de camadas feitas e como a largura e os comprimentos da terra armada eram conhecidos, foi possível chegar-se em volume. A escolha no controle diretamente pelo número de camadas compactadas teve como consequência a não necessidade de se considerar o empolamento.

A RUP diária variou de 0,09 até 0,73Hh/m³. Se em uma primeira observação tal oscilação parece excessiva, quando se compara a produtividade de uma cota próxima da terra armada feita no vão Cachoeira quanto no vão Centro elas se assemelham. Percebe-se que as primeiras camadas feitas acabam possuindo as melhores produtividades, girando em torno de 0,10Hh/m³, como foi percebido nos dias 15/04 e

18/04 para o vão cachoeira e 05/05 (com o valor de $0,09 \text{ Hh/m}^3$) e 06/05 para o vão centro. Conforme o aterro vai subindo, a dificuldade de se compactar parece aumentar, pois a produtividade diminui. Segundo o operário do rolo compactador, quanto mais próximo da superfície, mais cuidado se deve ter na compactação e isso acaba aumentando o tempo em que se compacta cada camada. O dia 25/04 teve como fator de anormalidade, a demora para a chegada do funcionário que operava a escavadeira. Apesar dos outros 2 operários já estarem presentes (incluindo o operador do rolo compactador), não dava para iniciar as atividades pois os 2 precisavam esperar o funcionário da escavadeira espalhar a bica corrida com a escavadeira para assim conseguir se prosseguir com o rolo compactador.

Tal qual o afirmado pelo operário do rolo compactador, dia 26/04 e 27/04 para o vão cachoeira e 09/05 e 13/05 para o vão centro foram as camadas feitas mais próximas do topo do aterro, o que segundo ele implicava numa maior “atenção” cujo resultado era numa demora maior para se fazer a camada. O dia 26/04 teve uma produtividade de $0,22 \text{ Hh/m}^3$ para o vão cachoeira, algo bem próximo do dia 09/04 com sua produtividade de $0,23 \text{ Hh/m}^3$, visto que nessas datas ambas compactações estavam em cotas parecidas.

O que o operador do rolo afirmou com seu conhecimento de prática também foi descrito pela dissertação de Marcelo Gomes Filho (2006), chamando tal fenômeno como “Fenômeno de Sobre vibração ou Sobrecompactação”, em que a eficiência da compactação junto ao topo da camada é menor em relação a regiões inferiores, independente do número de passadas do rolo. Tal fenômeno é atribuído à alta aceleração das partículas e a uma baixa tensão efetiva que produzem uma separação das partículas durante a vibração com posterior deposição destas em estado fofo ao término desta operação.

A pior produtividade encontrada para ambos os vãos foi na hora de compactar o topo do aterro. No caso do vão cachoeira a produtividade deu menor pois o volume de aterro do mesmo era menor que o do vão centro. No vão cachoeira, por exemplo, faltou compactar em torno de $4,1 \text{ m}^3$. Apesar da pouca quantidade de volume, há todo o tempo de mobilização dos funcionários para deslocar o rolo compactador, escavadeira e caminhão basculante. Assim, resultou numa produtividade de $0,73 \text{ Hh/m}^3$ pois para fazer todo o serviço (de mobilização de maquinário e compactação) os operários levaram em torno de uma hora. Já o topo do aterro do vão centro restava $26,62 \text{ m}^3$ para serem compactados, o que “amorteceu” o tempo gasto só com mobilização de maquinário, levando um total de em torno de quatro

horas no processo. Começou a chover logo no final da compactação, mas como foi fraco e eles já estavam fazendo a última camada eles continuaram até terminar. Assim, resultou numa produtividade de $0,45\text{Hh/m}^3$.

A melhor produtividade encontrada foi no vão centro, de $0,07\text{Hh/m}^3$ e de $0,09\text{Hh/m}^3$ no vão cachoeira. Para essas produtividades, tudo transcorreu perfeitamente: dia de sol, todos os funcionários sendo pontuais e estando longe da cota do topo do aterro (que, conforme observado, acaba sendo mais complicada de compactar e reduzindo a produtividade).

Um ponto extremamente crucial para a compactação é o fator chuva torrencial. No dia 22/04 e 23/04 estavam previstas as atividades de compactação da terra armada e não foram possíveis em virtude da chuva. O andamento do cronograma da obra não teve muitos problemas pois houve a “sorte” de os dias em que estavam programadas as atividades de compactação serem justamente os dias em que não houve chuva (exceto os dois dias em que o serviço foi paralisado pela chuva torrencial). Ainda mais que a bica corrida ficava exposta, sem proteção alguma como pode ser visto na foto a seguir. A situação do acúmulo de água no aterro pode ser verificada na figura 34.

Figura 30 - Vista de acúmulo de água na terra armada no vão Cachoeira



Fonte: Do próprio autor.

Assim, para o caso analisado se observa é que mantendo o mesmo operador de rolo compactador, escavadeira e caminhão

basculante, com condições meteorológicas boas, o que comanda a produtividade é o tamanho da praça disponível para compactação. É indicado que sejam feitos outros estudos para se chegar em uma conclusão.

4.5 Sugestões para Melhoria da Produtividade

Após análise dos dados coletados para cada serviço estudado, algumas reflexões sobre a produtividade foram feitas e assim serão apresentados algumas sugestões de melhoria de execução para busca de melhor eficiência.

- Planejamento operacional: As empresas devem executar um planejamento operacional analisando o que é necessário para o momento. Reuniões prévias com seus funcionários para discutir tal planejamento é uma ação importante. Por exemplo, na concretagem os funcionários não possuíam posições definidas no início e isso acabou gerando uma má organização na execução. Dessa forma, é importante previamente decidir qual é o funcionário adequado para cada posição, pois ele pode ser muito bom vibrando o concreto mas pode não ser tão bom na parte de passar a régua. Assim, conhecer seus funcionários e suas qualidades é importante.
- Treinamento da mão de obra: Essa observação foi um ponto positivo do serviço de Compactação. O operador do rolo compactador tinha muita experiência e isso acabou sendo bem positivo. Para melhor desempenho nos serviços é vital que a equipe seja bem treinada e entenda a respeito do serviço que vai realizar. O fator treinamento de mão de obra também foi bastante relevante na concretagem do viaduto, em que o operador do mangote costumava ser um funcionário da concreteira que possuía quase 10 anos de experiência na função. Quando ele não pode ir e veio outro no lugar dele os funcionários reclamaram bastante falando que ele não tinha domínio como operador, inclusive permitindo vazões de concreto bem altas o que resultou em várias vezes nos funcionários que seguram o mangote perdendo o controle e deixando escapar o mesmo (inclusive em um momento caiu muito concreto perigosamente próximo da rodovia em que carros trafegam)
- Melhor estimativa do consumo de concreto: Na concretagem houve muito tempo em que os operários estavam ociosos pela espera de caminhão da concreteira, tanto na concretagem do viaduto quanto nas escamas. No caso do viaduto houve espera de mais de uma hora em alguns momentos por falta de menos 2

m³ que faltavam para fechar a concretagem do dia. A produtividade seria muito melhor se a logística da concretagem fosse melhor realizada.

- Melhor dimensionamento dos equipamentos do canteiro: O uso de duas lanças na concretagem melhorou muito a produtividade do processo mas pelo fato de não souberem administrar o espaço que tinha disponível não pode ser aproveitada sempre. Em todas as concretagens em que se usou 2 lanças logo era necessário dispensar uma por não haver mais espaço para ambas serem usadas. A produção de placas também foi prejudicada pela falta de espaço no canteiro mas nada que influenciasse no andamento do cronograma pois essa atividade não estava no caminho crítico da obra.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 Conclusões

O objetivo geral do presente trabalho foi atendido, uma vez que foram gerados os indicadores de produtividade para o serviço de concretagem do viaduto, compactação na terra armada e produção de placas.

Quanto ao cumprimento dos objetivos específicos, tem-se que:

- O objetivo específico que indicava a caracterização dos serviços analisados foi cumprido no item 4.3;
- A análise quanto a produtividade da mão de obra no serviço de concretagem de lajes/vigas/transversinas, concretagem de escamas e compactação na terra armada foi cumprida, uma vez que se gerou indicador de RUP potencial de 0,51 Hh/m³ para concretagem de lajes/vigas/transversinas, 3,08 Hh/m³ na concretagem de escamas e 0,09Hh/m³ na compactação na terra armada.
- Os fatores influenciadores relacionados com os serviços analisados foram mencionados no item 4.4.
- A indicação de sugestões para melhoria de produtividade foram mencionadas no item 4.5.

A proposta deste trabalho em abordar o tema relativo a produtividade em alguns serviços de engenharia realizados em um viaduto foi um desafio pois não se tem dados que fale diretamente sobre o assunto. Pesquisar sobre metodologia construtiva do próprio viaduto foi árduo por se achar informações com apenas um autor.

Os resultados mostram que o indicador de produtividade RUP diária está intimamente ligado com diversos fatores que foram observados no decorrer do levantamento, mostrando como é importante para um planejador conhecer muito bem os serviços e o que pode influenciar o andamento dos mesmos na hora de elaborar um cronograma.

Outro ponto observado é que a questão dos equipamentos teve extrema relevância na produtividade. Um melhor planejamento com aluguel de equipamentos mais potentes ou em maior quantidade aceleraria o processo, algo que ficou bem claro na concretagem das lajes, longarinas e transversinas, por exemplo.

Percebeu-se também que a questão da gerência e método operacional afetam a produtividade diária, como já foi mencionado anteriormente. Assim, a comunicação se mostrou essencial. É necessário que haja uma linha de diálogo aberta entre funcionários e engenheiros. Tornar reuniões um hábito semanal, principalmente em véspera de atividades que deslocam muitas pessoas, como a concretagem por exemplo, é vital para o bom andamento da obra. Com isso, consegue-se minimizar o máximo possível os fatores influenciadores da produtividade.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros.

Através do estudo realizado nesse trabalho e a falta de mais investigações sobre a produtividade em atividades de infra-estrutura pesada, elaborou-se alguns pontos como sugestão para trabalhos futuros os seguintes temas:

- A realização de mais estudos sobre o assunto focando em obras de infra-estrutura pesada, para se poder apontar outros fatores influenciadores e como eles influenciam nos índices de produtividade.
- Focar na análise da compactação com a variação do maquinário utilizado (sempre com a mesma equipe) para ver a relevância que o equipamento tem nos índices de produtividade.
- Analisar a produtividade da equipe que faz a colocação das fitas metálicas e a colocação das placas e ver como isso influencia na produtividade da equipe que faz a compactação.
- No lugar de fazer o estudo da produtividade de serviços isoladamente como foi feito neste trabalho, fazer uma investigação da obra por inteiro, levantando índices de produtividade de cimbramento, montagem das armaduras, obras de drenagem, colocação das fitas metálicas e placas, compactação da terra armada e concretagem tanto das lajes, transversinas e longarinas como também das barreiras e pavimentação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, L.O.C. Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria. São Paulo: 2000. Dissertação(mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CARRARO, F. Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria. São Paulo: 1998. Dissertação(mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- CUNHA, A. Estudo das patologias em obra de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto. Goiás: 2011. Trabalho de conclusão de curso(Engenharia Civil) – Unidade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás.
- DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM (1996), “MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS”.
- DÓREA, S.C.L; SOUZA, U. E. L. Produtividade do serviço de concretagem em edifícios – casos práticos. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO – SIBRAGEC. A competitividade da construção civil no novo milênio. Recife: 1999.
- EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. Pontes de Concreto. São Carlos, USP – Universidade São Paulo, 2003. Notas de aula.
- FACHINI, A.C. Subsídios para a programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional. 2005. Dissertação(Mestrado) – Escola Politécnica, USP – Universidade de São Paulo.
- FALETTI, M.; GHISLENI, R. H. Diretrizes para melhoria da qualidade e produtividade no serviço de alvenaria de vedação. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.
- FRANÇA, A. Métodos executivos de obras de arte especiais: estudo de caso em construção em meio urbano. Rio de Janeiro: 2011. Trabalho

de conclusão de curso(Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FREIRE, T.M. Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações. São Paulo, 2001, 325p. Dissertação(Mestrado) – Escola Politécnica, USP – Universidade de São Paulo.

GIOVANNETTI, E. TARTUCE, R. – Princípios Básicos sobre concreto de cimento Portland, São Paulo: Pini Editora, 1990.

LUCCAS, A. V. et al. Análise da gestão organizacional de construtoras atuantes na região de Curitiba por meio de indicadores de produtividade e critérios de excelência em gestão. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Produção Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba/PR, 2014.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini Editora 1994.

OLIVEIRA, R.R ; DALL’OGLIO S; HAMERSKI, A; MARTINI, C. Estudo da Produtividade em Revestimento de Argamassa. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. VITÓRIA: 1999.

PETRUCCI. Concreto de cimento Portland, Porto Alegre: Globo Editora, 1987.

SARTORTI, A. L. Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas

SOUZA, U. E. L. Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado. 1996b. 280p.Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996b

SUSSEKIND, J.C. Curso de Concreto. Rio de Janeiro: Editora Globo, 1984. Volume 1.

URQUISA, G. Análise do custo benefício de obras de contenção. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/PB, 2011.

VITÓRIO, J. A. P. – Pontes Rodoviárias – Fundamentos, Conservação e Gestão, Livro editado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Pernambuco, Recife, 2002.